

Série *A* N° *963*

N° d'ordre

1796

THÈSES

présentées

à la Faculté des Sciences de Paris

pour obtenir

le Grade de Docteur Es-Sciences Naturelles

PAR

Georges KÜHNHOLTZ-LORDAT

Chef de Travaux à la Faculté des Sciences de Montpellier

1^{re} Thèse : Essai de Géographie Botanique sur les dunes du Golfe du Lion.

2^e Thèse : Propositions données par la Faculté.

Soutenues le *26 Mars 1924* devant la Commission d'examen

MM. GENTIL, *Président.*

BLARINGHEM, { *Examineurs.*
PICARD, }

PARIS (V°)

LES PRESSES UNIVERSITAIRES DE FRANCE

49, Boulevard Saint-Michel, 49

1923

Les Dunes du Golfe du Lion

Série... *A* N°... *963*

N° d'ordre

1790

THÈSES

présentées

à la Faculté des Sciences de Paris

pour obtenir

le Grade de Docteur Es-Sciences Naturelles

PAR

Georges KUHNHOLTZ-LORDAT

Chef de Travaux à la Faculté des Sciences de Montpellier

1^{re} Thèse : Essai de Géographie Botanique sur les dunes du Golfe du Lion.

2^e Thèse : Propositions données par la Faculté.

Soutenues le 26 Mars 1924 devant la Commission d'examen

MM. GENTIL, *Président.*

BLARINGHEM, {
PICARD, { *Examineurs.*

PARIS (V°)

LES PRESSES UNIVERSITAIRES DE FRANCE

49, Boulevard Saint-Michel, 49

1923

FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

MM.

Doyen

MOLLIARD, *Professeur*. Physiologie végétale.

Doyen honoraire

P. APPELL.

Professeurs honoraires }

P. PUISEUX.
VÉLAIN.
BOUSSINESQ.
PRUVOT.



Professeurs

Emile PICARD Analyse supérieure et algèbre supérieure.
KÖENIGS..... Mécanique physique et expérimentale.
GOURSAT..... Calcul différentiel et calcul intégral.
HALLER..... Chimie organique.
JOANNIS..... Chimie (Enseignement P. C. N.)
JANET..... Electrotechnique générale.
WALLERANT..... Minéralogie.
ANDOYER..... Astronomie.
PAINLEVÉ..... Mécanique analytique, mécanique céleste.
HAUG..... Géologie.
H. LE CHATELIER... Chimie générale.
Gabriel BERTRAND. Chimie biologique.
M^{me} P. CURIE..... Physique générale et radioactivité.
CAULLERY..... Zoologie (Evolution des êtres organisés).
C. CHABRIÉ..... Chimie appliquée.
G. URBAIN Chimie minérale.
Emile BOREL Calcul des probabilités et Physique math.
MARCHIS..... Aviation.
Jean PERRIN..... Chimie physique.
ABRAHAM Physique.
CARTAN Mécanique rationnelle.
Cl. GUICHARD..... Géométrie supérieure.
LAPICQUE..... Physiologie.
GENTIL..... Géographie physique.
VESSIOT..... Théorie des groupes et calcul des variations
COTTON Physique générale.
DRACH..... Application de l'analyse à la géométrie.
C. FABRY..... Physique.
Charles PÉREZ..... Zoologie.
Léon BERTRAND... Géologie appliquée et géologie régionale.
DANGEARD..... Botanique.
LESPIEAU Théories chimiques.
LEDUC Physique théorique et physique céleste.
MONTEL Mathématiques générales.
MAURAIN Physique du globe.
RABAUD Biologie expérimentale.
WINTREBERT Anatomie et physiologie comparées.

HÉROUARD..... Zoologie.
Rémy PERRIER... Zoologie (Enseignement P. C. N.)
SAGNAC..... Physique théorique et physique céleste.
~~RABAUD~~..... ~~Biologie expérimentale~~.
PORTIER..... Physiologie.
BLAISE Chimie organique.
PÉCHARD Chimie (Enseignement P. C. N.).
AUGER..... Chimie analytique.
M. GUICHARD..... Chimie minérale.
GUILLET..... Physique.

Secrétaire

Daniel TOMBECK.

A

M. J. PAVILLARD,

*Professeur à la Faculté des Sciences
de Montpellier.*

A

M. D^r J. BRAUN-BLANQUET,

*Privat-Docent à l'Ecole Polytechnique
Fédérale de Zurich.*

INTRODUCTION

« Tout étant lié dans la nature, les évènements dépendent les uns des autres ; la chaîne qui les unit est souvent imperceptible, mais n'en est pas moins réelle. »

*Esprit de l'Encyclopédie, T. III, p. 45.
GENÈVE. 1768.*

Le présent essai de phytogéographie est avant tout un exposé de faits. Nous avons observé « la vie de la dune » autour du Golfe du Lion. Les généralisations hâtives n'auront donc pas leur place dans cette étude.

* * *

L'association apparaît de plus en plus comme une résultante des actions réciproques des individus et du milieu tant organique qu'inorganique. Si les conditions de milieu sont plus ou moins stables, le tapis végétal conserve plus ou moins longtemps les mêmes caractères. Si le milieu change la composition floristique se modifie (1). L'association correspond à un *état d'équilibre*.

En deçà de cet équilibre se place un *stade d'élaboration* et au delà, un *stade de transformation*. La succession de ces *stades*

(1) Flahault, 1914 : *Sur un point de méthode en Géographie botanique* : « Il est particulièrement intéressant de saisir dans un groupement végétal, un état d'équilibre, plus ou moins stable, qu'on prendrait volontiers, si l'on y regardait de près, comme un état nécessaire, immuable. Mais cet état d'équilibre est troublé par les moindres changements de milieu... » (A. F. A. S., Le Havre, 1914).

de transition et des stades d'équilibre constitue l'évolution du *tapis végétal* sur un point donné.

Le stade d'élaboration est ascensionnel, obligatoirement.

Le stade de transformation est dû soit à la destruction pure et simple de l'association (cataclysme) soit à l'élaboration d'une nouvelle association.

Les cataclysmes prennent une signification particulière lorsqu'ils sont périodiques. Par exemple : les immersions hivernales des mares desséchées en été, entraînent la disparition d'une flore terrestre remplacée par une flore aquatique. En réalité, la disparition complète (cataclysme total) des espèces qui pré-existaient au cataclysme est exceptionnelle. Dans l'exemple choisi, les espèces amphibies constituent une transition entre les flores successives. Comme elles sont rares, le caractère de cataclysme subsiste, légèrement atténué (cataclysme partiel).

L'élaboration d'une nouvelle association au détriment progressif de la précédente a un caractère plus normal, plus fréquent. Si l'importance que l'on attribue aux faits est fonction de leur fréquence, les stades de transformation doivent être particulièrement approfondis.

Nos recherches ont eu spécialement pour objet de mettre en lumière ces notions dynamiques. Celles-ci apparaissent avec quelque évidence dans le milieu que nous avons choisi.

Aussi devons-nous insister sur l'obligation dans laquelle se trouve le phytogéographe dynamique : 1° de définir très exactement le milieu où s'élaborent les divers groupements floristiques qu'il étudie ; 2° de reconnaître les moyens d'action propres à chaque espèce pour lutter contre les transformations du milieu où elles vivent (*comportement dynamique*).

Ces préliminaires, d'ordre analytique, sont le premier pas nécessaire avant d'aborder l'étude synthétique de toute association.

Enfin, après avoir étudié les multiples manières d'être du *tapis végétal* — son évolution — il n'est pas inutile de se demander où sont les sources du matériel floristique que l'on a manié.

*
* *

Le plan suivi est basé sur les considérations précédentes.

Un aperçu géologique et géographique définit le territoire de nos investigations : son origine, ses caractères.

A cet aperçu succèdent immédiatement les préliminaires analytiques relatifs au comportement des espèces vis à vis du milieu.

Vient ensuite l'étude des stades d'élaboration. Les territoires côtiers sont particulièrement favorables à ce genre d'étude. Ils permettent souvent d'assister à la création du sol et à « l'installation du tapis végétal » sur ce substratum vierge de tout élément organique macroscopiquement visible.

Lorsque les végétaux privilégiés ont pris pied, d'autres moins aptes à affronter les difficultés, se développent progressivement, contribuant eux aussi, dans la mesure que nous préciserons, à établir un régime d'équilibre entre les réactions.

Quels sont les critères floristiques de cette première stabilisation ? Quelle en sera la durée ? Quelle sera sa destinée ? Des cataclysmes interviendront-ils pour bouleverser l'ordre normal des événements ? Tels sont les problèmes que nous nous proposons de résoudre ensuite.

Nous avons fait la part de la certitude et de l'hypothèse. Nous considérons comme certaines les déductions basées sur des observations vérifiables. La première partie de notre étude décrit les faits dont l'enchaînement, reconnu par nous, se lit pour ainsi dire sur le terrain. Mais lorsque l'esprit se heurte à l'interprétation de phénomènes dont la continuité lui échappe, il a recours aux hypothèses. La continuité des transformations du tapis végétal nous est avant tout révélée par la continuité des transformations du milieu : les causes qui s'enchaînent entraînent l'enchaînement de leurs effets. Or, parmi les groupements floristiques de notre territoire, certains nous apparaissent d'emblée avec une stabilité que nous sommes impuissants à rattacher à des faits antérieurs : nous ne connaissons pas leur histoire. Nous verrons dans la deuxième partie les hypothèses qu'ils suggèrent.

Enfin, dans la troisième partie, nous rechercherons les sources

des semences : leur germination, si difficile dans le milieu instable des dunes, aboutit en définitive à ce tapis végétal dont nous présentons, après trois années de recherches, les variations qualitatives et quantitatives, dans le temps... et dans l'espace restreint des côtes sablonneuses du Golfe du Lion.

De telles recherches auront atteint plus amplement leur but si l'agriculteur et l'ingénieur peuvent en tirer quelque profit : nous pensons n'avoir pas négligé ce point de vue économique.



Aperçu Géologique et Géographique

SOMMAIRE

I. LE GOLFE DU LION. — Origine. Délimitation. Unité d'origine.....	13
II. L'APPAREIL LITTORAL. — Essai de définition basée sur l'évolution floristique des étangs. Aperçu historique. Les golfes pliocènes et leurs atterrissements. Unité historique ; unité climatique ; unité physico-chimique	17
III. LE LIDO. — Causes du lido. Rôle des cours d'eau : les deux états du lido. Transport des troubles : les courants.....	34
<i>Les plages.</i> — Délimitation topographique. Le socle dunal et le socle continental	47
<i>Les souillères.</i> — Différence entre les sansouires et les souillères. Rôle du vent dans l'évolution des sansouires et des souillères. Evolution par comblement et par exhaussement	48
<i>Les graus.</i> — Définition et diverses sortes de graus.....	50
<i>L'appareil dunal.</i> — Continuité et discontinuité. Les dunes côtières : L'appareil dunal actuel. Profil et développement	51
IV. CONCLUSIONS. — 1° Synergie cinématique de l'eau dans ses rapports avec l'évolution du lido. 2° Le lido de part et d'autre du Cap Leucate ; valeur dynamique de ce cap. 3° Constance de la formation des dunes dans l'évolution du lido.....	53

I. LE GOLFE DU LION

La véritable signification du cadre choisi pour le présent essai de géographie botanique n'apparaît avec netteté qu'à la condition de remonter aux origines géologiques du Golfe du Lion et de tracer, autant qu'il se peut faire, l'évolution de son appareil littoral.

Les limites généralement attribuées au Golfe du Lion sont : au Sud, le Cap de Creus, au Nord-Est le Cap Couronne ; soit une étendue de côte de 250 kilomètres.

Certes, les géographes ont eu quelques raisons pour assigner pareilles frontières à notre golfe ; mais à l'époque où le concept purement topographique prévalait, tout « sinus » devait être délimité, logiquement semblait-il, par deux caps. La géographie moderne ne saurait se contenter de ce point de vue simpliste et s'impose, comme la géologie, l'obligation de s'orienter vers la dynamique.

A notre avis, les phytogéographes doivent également avoir pour préoccupation primordiale, de situer leurs recherches dans un cadre nettement défini, correspondant à un milieu bien déterminé. Cette préoccupation leur donne droit de contrôle sur les errements des anciens géographes, chaque fois que la délimitation d'une région dite naturelle remonte à une période, même récente, où la géographie n'empruntait pas encore à la géologie le précieux appui de ses données dynamiques.

A ce droit de contrôle s'ajoute un corollaire impérieux : le devoir de s'affranchir de toute spécialisation et de regarder au delà des horizons purement botaniques ; car pour étayer les théories phytogéographiques il est nécessaire de remonter aux

origines du milieu, cause primordiale des manifestations de la vie.

Il est bien difficile de situer exactement dans le temps la formation de la dépression qui constitue aujourd'hui le Golfe du Lion et qui s'est produite dans le chaos des démolitions pyrénéo-provençales et alpines dont il reste aujourd'hui comme témoins, dans le sinus français : 1° ses deux piliers partiellement recouverts de lambeaux cambriens (les Albères et les Maures) ; 2° une crête rocheuse plus ou moins interrompue, qui semble relier ces deux piliers parallèlement à la côte et non loin d'elle, à une profondeur de moins de 50 mètres en bien des endroits (Banc de Vendres) ou parfois plus importante (Rocher de Saint-Nazaire ou de Canet).

Les géologues nous indiquent toutefois qu'une première solution de continuité de la chaîne pyrénéo-provençale s'est établie pendant l'Aquitanién [Léon Bertrand, 1921, p. 180] mais ce sillon ne serait pas l'origine de la vallée *actuelle* du Rhône. Il aurait été situé plus à l'Est et il faut attendre la transgression marine du début du Pliocène « sur presque tout le littoral méditerranéen » [*ibid.*, p. 182] pour pouvoir parler de la « vallée du Rhône » (1).

Ceci posé, nous devrions sans doute comprendre le Golfe du Lion dans le sens le plus large et l'étendre, depuis le Cap de Creus, jusqu'au Cap Sicié, pour lui donner des limites conformes à ses origines (2) (voir carte n° 1). Mais nous devons tenir compte du fait que la mer, au cours des écroulements pliocènes, a fixé ses contours en dessinant une série de golfes qui sont d'une importance capitale pour la compréhension du littoral actuel (voir carte n° 1). Certes, ces golfes ne sont pas spéciaux à la mer pliocène, car toutes les mers se sont heurtées plus ou moins directement, avant elle, au Massif Central et il est reconnu de nos jours que l'axe marin de la Méditerranée (sillon

(1) On trouvera à l'annexe n° IV, l'histoire résumée de la Méditerranée pendant la période tertiaire.

(2) « Cette île (le massif des Maures et de l'Esterel) n'était sans doute qu'une pointe d'un territoire aujourd'hui effondré, qui rejoignait les Maures aux Baléares et peut-être à la Corse. » [De Lapparent, 1907, p. 438].

mésogéen), en rapport avec les plissements primitifs, a ses origines les plus lointaines dans l'époque cambrienne et s'est perpétué « avec quelques variations d'importance relativement faible jusqu'à nos jours, en oscillant autour du 30° parallèle » [De Launay, 1908, p. 221].

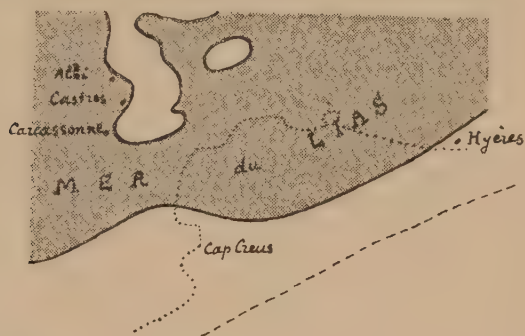


Fig. 1. — La mer liasique dans le sud de la France.

Le croquis ci-joint de la mer liasique (fig. 1) montre ce massif central délimitant deux grandes masses d'eau obligées de s'étendre l'une vers l'Ouest (ennoyage des Causses [Bertrand, 1921, p. 144]) et l'autre vers le Nord (zone des futurs géosynclinaux alpins). Or, la direction Nord-Sud des géosynclinaux successifs à l'Est du Plateau Central constitue la pierre de touche des frontières proposées à notre champ de travail. Beaucoup plus tard, en effet, à l'époque éogène des premières amorces des plissements alpins, la mer Méditerranée envahissait l'Europe Centrale vers l'Est. Cette invasion, qui paraît avoir eu son maximum d'extension pendant les périodes Eocène et Oligocène, s'est ensuite localisée dans ses contours actuels à la suite des dislocations pliocènes. Le Cap Couronne, qui présente de nos jours un intérêt topographique médiocre, est ainsi devenu à cette époque la grande borne à partir de laquelle la côte Est-Ouest de notre Provence prenait une direction Sud-Nord : il était en un mot le pilier Est de l'entrée du Golfe pliocène s'étendant vers Avignon. Or, si les rapports de la mer et du continent n'ont pas changé de façon appréciable depuis l'époque pliocène sur le littoral Sud-Provençal, il n'en a pas été de même pour les

falaises situées au Nord du Cap Couronne. Nous sommes donc en droit de considérer comme sans intérêt au point de vue de nos études, la portion du littoral stabilisée après effondrement des mers Tyrrhénienne et Adriatique (Astien) [De Launay, 1908]).

Dès lors, le Cap Couronne prend une valeur particulière à nos yeux, et justifie la délimitation attribuée maintenant à notre golfe que les géographes anciens avaient amputé *à priori* de toutes ses rives stabilisées.

Dans le véritable Golfe du Lion *sensu lato*, s'étendant originellement des Albères au Cap Sicié, nous sommes amenés à considérer de part et d'autre du modeste Cap Couronne, deux régions côtières d'évolution différente : à l'Est, stabilisation ; à l'Ouest, modifications incessantes. C'est de cette dernière région essentiellement plastique que nous nous occuperons : il se trouve qu'elle coïncide avec le Golfe du Lion *sensu stricto* des géographes.

La base de nos études repose ainsi sur un point de vue dynamique dont la portée nous a paru plus considérable dans ses conséquences qu'un simple concept topographique, car elle permet de mettre en lumière la véritable *unité d'origine* de tout le territoire côtier ainsi délimité.

*
* *

Les deux piliers extrêmes (1) du Golfe du Lion sont reliés entr'eux par un ensemble très complexe de sables et d'étangs, ensemble qui de loin en loin prend appui sur des piliers intermédiaires, en dessinant de l'un à l'autre de ces piliers autant d'arcs secondaires plus ou moins tendus. Les géographes et les géologues donnent à cet ensemble hétérogène le nom très vague d'*appareil littoral* : nous pensons nécessaire de préciser cette

(1) Nous conservons au Cap Couronne sa valeur de pilier Est du Golfe du Lion, mais il convient de préciser que le littoral plastique à l'ouest de ce cap ne prend pas directement appui sur lui : il se joint aux falaises à 3 kilomètres au Nord de Port-de-Bouc, c'est-à-dire à 12 kilomètres au Nord du Cap Couronne. Ce cap pourra devenir le point d'accrochage extrême si les atterrissements Rhodaniens persistent dans leur orientation actuelle, auquel cas le golfe de Fos deviendrait une lagune.

notion dont nous aurons à faire un fréquent usage, et il ne sera pas sans intérêt d'en établir la vraie valeur d'après des données phytogéographiques.

II. L'APPAREIL LITTORAL

L'appareil littoral du Golfe du Lion est parfaitement délimité, vers la mer, par une ligne de rivage peu variable en raison de la faiblesse des marées. Il l'est au contraire très mal dans ses rapports avec le continent.

Cela tient à ce que toute la notion d'appareil littoral dans le Golfe du Lion est subordonnée à celle de la stabilisation relative des éléments qui constituent cet appareil essentiellement plastique. Lorsque, au cours de son évolution, une portion de l'appareil est rendue définitivement solidaire du continent, elle n'est pas pour cela stabilisée : elle peut continuer à évoluer pendant un temps plus ou moins long jusqu'à ce qu'elle soit entièrement libérée de son origine extra-continentale (submersions encore possibles, flore halophile prépondérante, etc...). Ainsi, des étangs desséchés, même assez loin des côtes pour échapper aux invasions marines par les tempêtes les plus fortes, doivent être indiscutablement considérés comme un gain du continent acquis « par séquestration » [Collot, 1884, p. 337] ; et cependant ils peuvent encore subir des modifications dues à des causes bien diverses, par exemple aux variations de la composition chimique du sol plus ou moins imprégné de chlorures, variations subordonnées aux apports d'eau douce, au simple jeu de la capillarité, ou encore à des infiltrations marines plus directes.

Cette variabilité des éléments constitutifs de l'appareil littoral est sans doute la cause du peu de précision des essais de délimitation. Parmi ces essais (rares sont ceux qui ont tenté de les donner), nous en retiendrons deux : celui d'un géographe accepté sans discussion par un océanographe dans un travail récent (1911) et celui des géologues, tel qu'il ressort de l'étude de la carte géologique actuelle au 1/80.000.

Dans son étude sur « le littoral du Bas-Languedoc » M. Malavialle [1894] écrit : « L'appareil littoral est appliqué comme une sorte de frange de largeur variable aux sinuosités d'un rivage intérieur formé par les dernières ondulations des collines de la terre ferme ». M. Sudry [1911] accepte cette conception comme une définition : « Après avoir défini l'appareil littoral, M. Malavialle dépeint les lagunes... ».

En fait, « les dernières ondulations des collines de la terre ferme » ne nous permettent que très exceptionnellement de préciser les rapports de l'appareil littoral avec le continent. Il est évident qu'à La Franqui, au Cap d'Agde, au Mont Saint-Clair, les sables marins s'appuient nettement au pied même de ces dernières ondulations qui surplombent la mer. Mais partout où se trouvent les lagunes, celles-ci se rattachent insensiblement à la terre par des territoires plus ou moins fermes qui, en raison même de cette fermeté *progressivement acquise*, ne permettent en aucun cas de tracer une ligne de démarcation vers le continent. Nous ne pouvons pas, dans ces conditions, nous rallier à une opinion qui érige en définition une description topographique trop vague.

D'autre part, il semble bien, d'après la citation de M. Sudry et d'après l'ensemble de son « historique » que les lagunes doivent être détachées de l'appareil littoral. Cette conception est d'ailleurs celle qui ressort de l'étude de la carte géologique au 1/80.000. Sur cette carte en effet, la teinte marron A désigne l'appareil littoral et la teinte verdâtre a², les récents alluvionnements, les marais, les salines, adossés sur cet appareil A, vers le continent. Il y a là une représentation commode de certains états des éléments de conquête de la terre sur la mer, mais elle aboutit à une confusion que confirme M. Sudry lorsqu'il écrit quelques lignes plus loin (p. 9) « Le *cordon* littoral, qui isole ces étangs, serait une formation rhodanienne à l'Est de

la montagne de Cette, etc. ». Ce cordon littoral ne peut être autre chose que les terrains A de la carte géologique, et la même signification est ainsi donnée au *cordon* littoral et à l'*appareil* littoral. Cette confusion existe bien sur la carte géologique, malgré les différences de teintes pourtant très nettes. Qu'on veuille bien se reporter en effet à la feuille de Narbonne et Marseillan (1/80.000). On y verra, dans la région de l'embouchure de l'Aude, un « appareil littoral A » très nettement délimité par rapport aux dépôts récents a². A ces teintes correspondent deux sortes de terrains : les sables a et les alluvions a². Partout où ces deux éléments sont juxtaposés, la limite est facile à établir : mais les difficultés apparaissent lorsqu'ils sont en superposition discontinue, par exemple dans l'étang de Pissevache voisin de la mer, où se font de nombreux apports de sables, émergés en été. Comme la superstructure seule est reportée sur les cartes géologiques, le problème a été tranché en teintant de marron la partie de l'étang plus ou moins ensablée et en y laissant tout de même les signes conventionnels (petites touffes d'herbes) représentant les marais. Ces superpositions sont très fréquentes sur la carte de Camargue. En réalité, il y a là une zone intermédiaire, qui relève à la fois des deux manières d'être du littoral : lagune et sable. Raison de plus pour ne pas les trancher par une ligne nécessairement arbitraire.

L'origine de toutes ces incertitudes provient du point de départ : la topographie ne peut à elle seule donner la solution du problème ; là encore nous devons faire appel à la dynamique. Celle-ci fournit des bases solides aux explications relatives à des phénomènes d'instabilité. Pour si fidèle que soit la description d'un paysage essentiellement variable dans le temps, elle ne vaut que pour le moment où elle a été faite : c'est un cliché documentaire qui relève bien vite du passé. Au contraire l'étude de la succession des phénomènes peut, seule, donner la solution du problème qui nous occupe : nous pensons pouvoir y apporter quelque précision en exposant dans ses grandes lignes l'évolution de cette portion de l'appareil littoral qui le rattache en certains points au continent : la lagune.

Nous prendrons comme exemple l'étang d'Ingril (fig. 2).

L'étang d'Ingril est délimité vers la mer par un Lido S-W—N-E ; au S-W par la route de Frontignan à la plage ; au N-E par le détroit des Aresquiés. Il remontait autrefois par un bras S-N entre deux langues de terrain helvétique dont l'une s'appuie sur les dernières ondulations de la Gardiole et dont l'autre constitue à l'Est la bande de terre ferme qui s'étend de Vic aux



Fig. 2. — Evolution de l'Etang d'Ingril.

Aresquiés. Ce dernier petit massif helvétique formait autrefois une île. Les atterrissements se sont faits progressivement du Nord au Sud et les eaux de l'étang ont été peu à peu refoulées vers le grau alors ouvert du Poste de Morin. Or, si l'on suit cet étang, de Frontignan vers Vic, on traverse successivement des salines et des marais salants envahis par une végétation nettement halophile (Salsolacées, Plumbaginacées). Celle-ci se transforme à son tour, plus au nord, en une végétation peu ou pas halophile qui s'établit sur un terrain de plus en plus ferme,

jusqu'au moment où, l'influence du sel marin ayant entièrement disparu, les cultures deviennent possibles. Ces divers états ont reçu des indigènes des appellations tout à fait caractéristiques, qui, du Sud au Nord, sur notre croquis, sont : les Salines, la Grande-Maire, la Grande-Palude et la Joncasse. Il serait actuellement impossible de tracer des limites précises entre ces divers états, et nous ne les avons inscrites qu'à très approximativement en pointillé : encore ne sont-elles apparentes sur les lieux mêmes qu'après la période des pluies printanières.

Nous assistons là à une évolution tout à fait typique dont on retrouve sur un espace assez restreint tous les stades, depuis la submersion jusqu'à l'émersion affranchie de tout vestige marin : ce stade d'affranchissement a pour critérium certain la possibilité de l'établissement des cultures non halophiles.

Les compagnies d'exploitation du sel ont été obligées de renoncer peu à peu à l'entretien de certains salins et ces abandons sont faits, dans leur ensemble, du continent vers la mer : c'est ainsi qu'il existait autrefois, au Sud de Montpellier (Lattes), des salins qui sont aujourd'hui envahis par une végétation de moins en moins halophile et partout, sur le littoral du Golfe du Lion, on rencontre dans les régions à lagunes, des étangs à divers stades d'évolution. Mais nulle part ces stades ne se trouvent rassemblés avec autant de transitions que dans la région de Frontignan. Ils peuvent être résumés comme suit :

I. L'étang communique avec la mer par un grau. Ce stade est souvent maintenu et prolongé artificiellement (Carnon) pour la navigation. C'est le stade de la *lagune vive* ou du *grau ouvert*.

II. La communication ne se fait que par tempêtes. C'est le stade du *grau intermittent*.

III. La communication est définitivement supprimée : stade du *grau fermé*.

Ces deux derniers stades correspondent à la *lagune morte* des Vénitiens.

IV. Evaporation intense et alimentation faible ou nulle par les fleuves. Ce stade est maintenu artificiellement ou même créé : c'est celui des *Salines*.

V. Installation d'une flore halophile : stade des *Souillères* et des *Sansouïres*.

VI. Installation progressive d'une flore non halophile : stade des *Joncasses*.

VII. Affranchissement complet des vestiges marins : stade *cultural*.

Voici des exemples de tous ces stades, dont l'étude détaillée n'aurait pas sa place ici :

Nous avons dressé une carte d'ensemble du littoral du Golfe du Lion qui donne les emplacements actuels (1922) des graus ouverts, intermittents et fermés qui jouent également un rôle important dans la répartition ou la formation des dunes. — Le stade des *Salines* comprend toutes les Salines en exploitation. — Les *Sansouïres* et les *Souillères* (voir première partie, chap. II, B) sont riches en Salsolacées et en Plumbaginacées halophiles (le sel y remonte par capillarité) : Sansouïres de Camargue, Souillères de l'Espiguette, des Onglous, de Pérols, etc... — Les *Joncasses* sont très développées au Nord d'Aigues-Mortes où certaines graminées (*Arundo Phragmites*) et les joncs envahissent de très grandes surfaces autour de la Tour Carbonnière ; on ne peut pas encore cultiver ces terres, mais toutes ces plantes, traçantes pour la plupart, contribuent à former un sol de plus en plus apte à recevoir des cultures. — Quant aux cultures, elles sont en bordure de toutes les Joncasses (Aigues-Mortes, Balaruc, Bouzigues...). Disons seulement qu'il ne faut point les confondre avec les vignobles qui sont situés sur les Lidos anciens (en Camargue notamment) ou récents (entre Palavas et Carnon, entre Cette et Agde...) et qui ne relèvent pas par conséquent de l'évolution des étangs.

Ainsi, l'étang d'Ingril nous a permis, en suivant son évolution, d'aboutir à cette conclusion générale : nos étangs ont une tendance à s'affranchir de leur origine marine. Nous pouvons dès lors concevoir qu'ils cesseront d'appartenir à l'appareil littoral lorsqu'ils seront susceptibles de recevoir des cultures non halophiles. Et il nous est maintenant possible de préciser les rapports de cet appareil avec le continent et par là même d'en donner une définition plus rigoureuse, en disant :

L'appareil littoral du Golfe du Lion est un ensemble complexe de sables et d'étangs en voie d'évolution ; il est limité vers le large par la mer et vers le continent par les terrains affranchis de toute influence marine.

Le sens de cette définition avait été déjà soupçonné par un

certain nombre de médecins et d'ingénieurs (1) qui se sont préoccupés de l'assainissement de nos côtes languedociennes où les cas de paludisme ne sont pas rares de nos jours encore. Mais ils se plaçaient à un point de vue économique qui était aussi celui des historiens : aussi la bibliographie relative à ces assainissements est-elle considérable. Aux mêmes problèmes souvent posés, des solutions souvent semblables ont été indiquées ; mais depuis Vauban [1686] d'après qui les graus sont incorrigibles, la lutte entre la batellerie et l'agriculture n'a jamais su s'élever jusqu'à l'intérêt général et malgré les gros frais engagés, qu'elle a fait gaspiller sous bien des règnes, nos lagunes paraissent vouées à leur évolution naturelle, sauf peut-être celles qui avoisinent des centres industriels (Etang des Eaux Blanches aux abords de Cette et de La Peyrade).

Lenthéric qui fut l'un des historiens les plus autorisés de cette région littorale du Golfe du Lion, a précisé fort heureusement l'économie de la question en opposant l'effort agricole au renoncement pur et simple de Vauban. Il a même reconnu que l'appareil littoral se composait « d'étangs, de dunes, de marais et d'alluvions tour à tour fluviales et maritimes » [1876, p. 45] mais il n'a pas délimité ces divers territoires par rapport au continent. A la *période maritime* que caractérisaient de larges communications entre la mer et les étangs a succédé d'après lui une *période paludéenne* que tous nos efforts devaient converger à transformer en une *période agricole*, saine et prospère. Adopter ce point de vue c'est se conformer aux indications de l'évolution naturelle des phénomènes littoraux tels que nous les avons tracés dans leur ensemble. Mais il ne suffit pas de s'y conformer : il y a lieu d'en hâter les conséquences toutes les fois que celles-ci sont favorables à une plus grande expansion économique.

Nous ne pouvions passer sous silence une aussi grave question qui demeure hélas ! en suspens et au sujet de laquelle Malavialle pouvait encore écrire en 1894 : « Grave problème qu'il ne m'appartient pas de résoudre... Ce qu'il y a de certain c'est qu'il se pose et qu'il n'est pas résolu ». Nous pouvons af-

(1) Astruc, 1684-1778 ; Pitot, 1693-1771 ; Barthès de Marmoriès, 1786 ; Grangent, 1807 ; Poulle, 1821-1833 ; Régy, 1868 ; Chambrelent, 1893.

firmier aujourd'hui que la solution peut être donnée par l'agriculture. Qu'elle soit difficile à réaliser, sans doute ; mais elle est à coup sûr possible car la Phytogéographie nous prouve que les cultures sont le terme auquel conduit l'évolution de nos lagunes.

L'évolution des lagunes n'est qu'une faible partie de l'évolution d'ensemble de tout le littoral depuis la Période Pliocène (nous avons vu qu'il était inutile de remonter plus haut).

Après la formation des fosses méditerranéennes de la période Astienne, la mer Pliocène avait en effet momentanément fixé ses contours sous la forme de golfes dont il faut maintenant préciser les emplacements dans les limites de notre champ d'étude. Ils sont au nombre de trois et, pour la commodité de l'exposé, nous les désignerons par les noms des villes importantes d'Avignon, de Béziers et de Perpignan.

Golfe d'Avignon. — La grande dépression actuelle du Rhône en est le vestige. Nous savons le rôle qu'a joué son pilier Est, le Cap Couronne. A l'Ouest, le golfe était délimité par les îles de la Gardiole et le Mont Saint-Clair (Montagne de Cette).

Golfe de Béziers. — La mer pliocène s'engouffrait entre deux massifs montagneux : le cap d'Agde (éruption pliocène) au N-E et le cap de Leucate au Sud. Ces deux massifs étaient alors isolés des terres.

Au sud de l'île de la Clape se différenciaient alors les petits golfes de La Palme et de Sigean.

Golfe de Perpignan. — S'appuyant au Nord sur le cap de Leucate, il s'étendait vers le Sud-Ouest, limité au Sud par les Albères. « Il se prolongeait dans les vallées actuelles en amont » [Bertrand, 1921, p. 182].

L'histoire pliocène et post-pliocène du Golfe du Lion est celle de l'évolution de ces golfes.

Au moment de leur plus grande extension les glaces pleistocènes (1) occupaient les Alpes et les Pyrénées sur presque

(1) « En ce qui concerne les climats de cette époque (pleistocène) j'ai déjà dit que, partout où on avait étudié la question, on avait reconnu plusieurs périodes glaciaires pleistocènes séparées par des périodes moins pluvieuses ou plus tempérées. » [De Launay, 1908, p. 251].

toute leur surface ; le massif central n'échappait pas à cette glaciation (De Lapparent, 1907, p. 379).

Or, si l'on songe que ces massifs montagneux formaient, au moins par leurs contreforts les plus avancés vers la Méditerranée, la ceinture des trois golfes pliocènes, on se rend compte de toute la répercussion que cette ceinture de glace a pu avoir sur l'évolution littorale du Sinus méditerranéen français ; celle-ci apparaît comme entièrement dominée par le régime des cours d'eau.

Certains de ces cours d'eau aujourd'hui presque à sec pendant l'été, ont été des « agents travailleurs » de tout premier ordre, dont l'activité première ne peut guère supporter de comparaison (et dans une faible mesure) qu'avec le bras oriental actuel du Rhône ; encore, ce bras travailleur n'est-il puissamment actif qu'en période de crues. Nous sommes bien obligés, dans ces conditions, d'expliquer les atterrissements considérables de nos trois golfes pliocènes par l'aptitude *ancienne* des cours d'eau à transporter les troubles et à les répandre ; cette aptitude, si développée avant la période historique, si réduite après, peut bien avoir l'une de ses causes essentielles dans le régime exagéré des précipitations atmosphériques du Pleistocène. Telles sont les deux grandes causes qui paraissent avoir amorcé le comblement des golfes français méditerranéens : débâcles glaciaires successives, précipitations atmosphériques intenses ou prolongées (1).

A quelle époque les fleuves tributaires du Golfe du Lion se sont-ils relativement stabilisés dans leur lit actuel ? C'est évidemment après les phénomènes diluviens. Marcel de Serres [1829, introd., p. xiv] nous dit les difficultés à surmonter pour résoudre le problème : « Les uns (il s'agit des dépôts tertiaires) semblent avoir été déposés tranquillement et en couches régulières, tandis que les plus modernes, produits par des inondations plus ou moins analogues à celles qui ont encore lieu dans

(1) Les fleuves qui prennent leur source dans les massifs des Pyrénées méditerranéennes (Tet, Tech, Aude...) sont encore de nos jours alimentés même pendant l'été, par les infiltrations dues aux « étangs pérennes » qui sont considérés comme un héritage de la période glaciaire. [Sorre, 1913, p. 116].

l'époque actuelle, ont été disséminés sur la surface des continents de la manière la plus inégale et la plus irrégulière. Aussi éprouve-t-on de grandes difficultés pour distinguer les terrains d'alluvion disséminés sur le sol le plus extérieur, antérieurement aux temps historiques, des terrains d'atterrissement qui n'ont point cessé de se reproduire depuis ces même temps historiques ».

Une deuxième source de difficulté réside dans la « particularisation » des phénomènes de l'évolution terrestre au fur et à mesure que l'on se rapproche des temps actuels : « Contrairement aux apparences premières, il est beaucoup plus difficile souvent de dater un terrain pleistocène (c'est-à-dire contemporain de l'homme) qu'un terrain cambrien. On est, en effet, constamment exposé à commettre alors en géologie la même erreur que si l'on regardait en anthropologie comme contemporains les Canaques à haches de pierre de la Nouvelle-Calédonie et les hommes néolithiques des stations lacustres, ou si l'on assimilait en histoire les trois révolutions d'Angleterre, de Suède et de France, qui ont également décapité un roi ». [De Launay, 1908, p. 246].

Certes, certains déplacements de lits des fleuves tributaires de la Méditerranée sont du domaine de l'histoire (Aude, Vidourle, Rhône). Mais entre ces déplacements dont on a pu suivre les alluvionnements successifs (Agoût [Magnan, 1870]) et les premiers atterrissements pliocènes, il y a dans nos connaissances sur ces phénomènes de comblement, une lacune considérable. Nous sommes cependant en droit de penser que les gains du continent ont été acquis avec une certaine brutalité au début, puis avec quelque lenteur, par suite de l'atténuation progressive du régime des pluies dans la région méditerranéenne, individualisée quant à son climat dès la formation de ses fosses occidentales, c'est-à-dire lorsque le régime atlantique n'a plus exercé d'influence prépondérante (1).

(1) Nous ne pouvons passer sous silence l'effort qui a été fait par M. Maximilien Sorre, [1913], en vue de préciser les grands dépôts du « Pliocène d'eau douce » dans leurs rapports avec l'activité glaciaire et les étapes du creusement des trois vallées principales entre le Cap Leucate et le Cap Béar. Nous devons signaler aussi son étude approfondie sur les

Unité historique de l'appareil littoral. — Quoiqu'il en soit aucun soubresaut n'est relaté dans les atterrissements historiques et à part quelques inondations auxquelles ils semblent attacher grande importance, les historiens ne nous ont jamais mis en présence de cataclysmes, au sens géologique de ce mot. Les récentes inondations de l'Hérault (octobre-novembre 1920) resteront sans doute dans les annales du département parce qu'elles ont complètement isolé la ville d'Agde pendant plusieurs jours : qu'est cela au point de vue géologique ? si l'on songe au grand delta de ce fleuve dont la branche Nord contournaient autrefois le Mont Saint-Loup (Montagne d'Agde) pour se jeter dans l'étang de Thau.

Si nous insistons sur ce point de vue, c'est que l'évolution de l'appareil littoral du Golfe du Lion nous est révélée en partie par l'histoire. Nous avons donc à faire état de cette science, mais à la condition expresse d'interpréter les faits à leur juste valeur dynamique, à l'exclusion de toute considération d'ordre économique. Cette opinion prendra sa véritable signification lorsque, pour expliquer la répartition des dunes sur le lido, nous aurons à tenir compte de l'activité des graus. Ceux-ci ont ouvert un vaste champ d'étude à la sagacité des ingénieurs et des économistes, parce que tout le commerce du Languedoc et du Roussillon a été dominé par les solutions de continuité du Lido ; mais, si les ensablements ont une importance économique réellement considérable, cette importance est beaucoup moindre en ce qui concerne l'extension des dunes.

M. Malavialle disait en 1884, à la séance d'ouverture de son cours de géographie à l'université de Montpellier : « Il se produit sur ce coin de terre (Bas-Languedoc) une collaboration curieuse et féconde des sciences naturelles et des sciences historiques ». Qu'il nous soit permis d'ajouter maintenant : L'importance des faits relatés par l'histoire doit être diminuée, dans l'interprétation qu'en peuvent faire les naturalistes, de la part d'exagération due aux bouleversements économiques momentanés que ces faits ont pu entraîner. Sous cette réserve,

« conditions d'écoulement » dans la topographie pyrénéenne. Ces questions sont d'un intérêt capital dans leurs conséquences sur la morphologie littorale et l'on voudrait les voir généraliser aux cours d'eau cévenols.

nous pouvons ajouter à l'*unité originelle* du Golfe du Lion une deuxième unité qui la consolide dans les délimitations que nous lui avons assignées, l'*unité historique* que nous ne pouvions passer sous silence à une époque où le régionalisme tend de plus en plus à se substituer aux divisions administratives actuelles (1).

Unité climatique de l'appareil littoral. — Le régionalisme bien entendu doit en effet se réclamer du passé au moins autant que du présent, sinon dans son organisation pour laquelle le point de vue des débouchés prédomine, tout au moins dans sa justification : Si l'agriculture est *une* depuis le Golfe de Fos jusqu'à Collioures, c'est à cause des écroulements Astiens et de l'unité du climat qui en est résultée pour la cuvette méditerranéenne. Dans cette cuvette, le Golfe du Lion est parfaitement individualisé. Il est en effet bordé par un écran montagneux qui modifie les influences extra-méditerranéennes, et la faible distance qui sépare le lido de la ligne faîtière de cet écran, peut être considérée comme une deuxième cause importante de l'uniformité climatique. Car l'influence de la mer, régulatrice de premier ordre (2), se répartit avec égalité sur des rebords continentaux d'une aussi faible étendue, des exceptions ayant seulement lieu suivant des conditions topographiques toujours très localisées. La phytogéographie a établi aujourd'hui en partie, les limites de ces influences marines vers le Nord et vers l'Ouest (3) et a pu, dans une certaine mesure préciser les rapports de la flore méditerranéenne avec la flore continentale du Nord et la flore atlantique de l'Ouest.

L'une des conséquences de ces études phytogéographiques est que notre territoire apparaît individualisé dans des limites révélées par une végétation propre, adaptée en effet à un milieu

(1) MM. Thomas et Lagatu ont traité de l'unité historique du territoire qui nous occupe dans un article paru en 1919 in « Le Feu », organe du régionalisme méditerranéen.

(2) La température constante de la Méditerranée à 200 mètres est de 13° et peut varier de 6° à 25° au-dessus de cette cote suivant les conditions topographiques locales.

(3) L'étude des pénétrations de la végétation méditerranéenne dans la chaîne des Pyrénées est entreprise par M. Gaussen dont nous avons suivi les intéressantes communications verbales en juin 1922.

climatique dont il convient d'établir maintenant les caractéristiques.

1° *Les Pluies* sont rares, mais copieuses au printemps et à l'automne. Elles sont un peu plus fréquentes en Provence et partant mieux réparties, en raison de ce principe météorologique : « Les pluies sont d'autant plus rares qu'elles déversent une plus grande quantité d'eau » [Reclus, 1884, p. 24].

2° *La température* y est répartie de telle manière que les hivers sont courts et tièdes *en moyenne* et que les étés sont chauds, précédés généralement d'une hausse thermométrique vers le début du printemps (*chaleurs précoces*).

Il y a lieu d'insister d'une façon toute particulière sur les termes que nous venons de souligner parce qu'ils ont une très grande importance phytogéographique. MM. Thomas et Lagatu, écrivaient en 1919 [loc. cit.] : « Qu'on l'appelle Languedoc Méditerranéen ou encore Septimanie, Région de Montpellier, Midi Viticole, il existe une région naturelle qui s'étend des Corbières et des Cévennes à la Méditerranée, des Pyrénées au Rhône et qui est formée par le territoire des quatre départements des Pyrénées-Orientales, de l'Aude, de l'Hérault et du Gard... Entre le Midi océanique et la Provence le Languedoc méditerranéen est vraiment une individualité géographique. » Ces auteurs confirment ensuite leur opinion en mettant en relief les caractéristiques du climat et notamment les « étés chauds » et les « hivers tièdes ». Le point de vue phytogéographique, auquel nous nous plaçons, s'accommode mal de ces dernières caractéristiques trop imprécises pour expliquer la biologie générale de notre littoral, différente sur bien des points de celle de Provence.

C'est la température *moyenne* de nos hivers qui est au-dessus de 0° C, tout comme en Provence ; mais nos hivers diffèrent cependant essentiellement de la région provençale par ce fait que leurs abaissements de température peuvent être mortels pour des végétaux acclimatés en Provence (Eucalyptus, Mimosas, etc...). Il ne faut pas perdre de vue que l'isotherme de 14° C (moyenne annuelle) passe au nord de Marseille, de Toulon et de Nice, mais s'infléchit *au Sud* de Narbonne et de Montpellier. Les gelées tardives (fin avril, mai) sévissent avec rigueur dans le Gard, et souvent dans l'Hérault. Il faut aller à

l'extrême limite occidentale du Golfe du Lion pour retrouver, bien au sud de l'Isotherme 14° C, un climat favorable à l'installation des Orangers, des Opuntias, des Mimosas. Le *Mesembryanthemum edule* fréquent sur les dunes manque au nord de cet isotherme (fig. 2 bis, en hachures).

Quant aux températures élevées, elles sont souvent précoces sur le littoral du Golfe du Lion et il nous semble important de



Fig. 2 bis. — Répartition du *Mesembryanthemum edule* (en quadrillé) et l'Isotherme 14° C (en pointillé).

relever ce fait que le printemps est en général marqué par une élévation de température de courte durée, stabilisée seulement pour la période estivale, mais qui favorise de façon singulière le départ de la végétation. La vigne « part » avec une extrême vigueur à cette époque de l'année et ce n'est pas un des moindres soucis des viticulteurs, car cette précocité peut être la cause de dégâts importants lorsque se produisent les gelées tardives.

3° *Les vents* prédominants sont du Nord-Ouest. Ils sont secs. Le *Mistral* (N.-W.), étudié d'une façon particulièrement approfondie par Gazeaud [1914] souffle 110 jours par an en moyenne, surtout en Provence ; son activité s'étend sur le Bas-Languedoc. Il ne caractérise donc pas le Golfe du Lion lié sous ce rapport au régime éolien provençal.

Il n'en est pas de même du vent du Large soufflant du Sud-Est, spécialement étudié par de Martonne [1907, 1909, 1910]. Il ne tarde pas en effet à se heurter à l'écran montagneux qui borde les plaines du Roussillon et du Languedoc ; il y laisse la majeure partie de son humidité, puis s'étale entre Carcassonne

et Albi sur le versant aquitain où il atteint parfois Agen. Sur ce versant il est sec et chaud ; les météorologistes lui ont consacré un nom différent : l'Autan. En réalité, cet Autan appartient à un seul et même courant, le Marin-Autan, formé de deux tronçons successifs : le tronçon humide, méditerranéen et le tronçon sec, garumnien.

En sens inverse, les vents originaires de l'Atlantique amènent sur les Cévennes des nuages qui peuvent franchir nos plaines à de grandes hauteurs, et y provoquent parfois des averses copieuses mais de faible durée (giboulées, avril, mai). Ce vent peut-être entièrement déchargé de sa vapeur d'eau avant d'arriver sur nos vignobles et présente alors les mêmes caractères que le Mistral, à la direction près.

L'appareil littoral du Golfe du Lion relève donc d'un climat caractérisé de la façon suivante :

Par rapport à la Provence, des pluies plus rares, des froids tardifs et des chaleurs précoces ;

Par rapport à l'Aquitaine, un écran montagneux constitue une zone de transformation pour les vents qui le franchissent dans les deux sens.

Unité physico-chimique de l'appareil littoral. — L'unité climatique du Golfe du Lion ressort bien sur la carte de distribution des végétaux dressée par Flahault [1901] : depuis les Albères jusqu'à l'Estaque c'est la même teinte, formant une mince bordure aux côtes du Golfe. Dans le « domaine des côtes méditerranéennes » [1901, p. 24] le « district de la Méditerranée occidentale (entre Gibraltar et le canal de Sicile) » comprend une « zone halophile littorale » définie par les stations suivantes : Falaises ; grèves rocheuses ; dunes fixées ; dunes mobiles ; grèves de galets ; plages sableuses ; plages mouillées (situées en partie au-dessous du niveau de la mer, comme les plages des lagunes, celles de Camargue en particulier, ou bien au niveau même de la mer et atteintes par elle pendant les périodes de basse pression et de tempêtes) ; enfin les marais salants. Cette zone de la carte déjà indiquée correspond à peu près à l'appareil littoral tel que nous l'avons décrit abstraction faite des promontoires sur lesquels il s'appuie simplement.

Dans un tel cadre, la végétation de la « zone halophile litto-

rale », paraît bien subordonnée à la répartition du sel et « la composition chimique du milieu domine la caractéristique de la région océanique, à l'exclusion de toute autre. La présence du chlorure de sodium influe d'une manière si profonde sur la végétation qu'aucune région n'est mieux définie par sa flore qu'elle ne l'est ; sa végétation comprend toutes les espèces qui exigent le sel marin ou qui le supportent ». Parmi ces dernières, « les unes acceptent un sol dans lequel la proportion du sel est plus forte que dans les eaux marines ; d'autres ne reçoivent que l'embrun des vagues ou vivent dans des sols lavés pendant longtemps par les pluies ». [Flahault, loc. cit., p. 21.]

Ce point de vue exclusivement chimique a une importance qui justifie amplement la conception d'une zone halophile littorale ; mais les caractères physiques ne doivent pas être négligés par nous, en raison du milieu, si spécial à ce point de vue, que nous nous proposons d'étudier avec les dunes. « Pourquoi attacher toujours plus d'importance à l'action chimique et rejeter au second plan l'action physique ? Est-ce que dans certains cas, plus rares peut-être, les rôles ne seraient pas renversés ? Est-ce que ces deux facteurs ne pourraient avoir autant d'importance l'un que l'autre ? Ces séparations que nous établissons dans nos études n'existent pas dans la nature... » [Drude, 1897, p. 45.]

Les analyses des sables faites en Belgique [Massart] et en Languedoc [Lagatu ; Raynaud] ne relatent que des traces infimes de sel dans les dunes du Lido. Certes, les plantes qui vivent sur les dunes sont soumises à l'action du sel par les embruns, mais il y a lieu de faire ici une différence entre les végétaux dont les racines sont en contact avec les solutions salées et ceux dont les organes souterrains sont uniquement en rapport avec l'eau douce. Il en résulte, pour cette dernière catégorie, une lutte simplement orientée contre l'action des embruns et, par suite, une adaptation intéressant les seuls organes aériens. Autrement complexe est la lutte des végétaux soumis non seulement aux embruns mais encore aux solutions salées du sol ; cette complexité atteint son maximum chez les plantes marines complètement immergées. Le milieu doit donc être précisé ici non seulement à l'égard des organes aériens, mais aussi en ce qui concerne les racines, chargées des fonc-

tions d'absorption. De plus, certaines plantes sont sur nos sables maritimes non point à cause de l'atmosphère mais simplement à cause de la structure arénacée du substratum : tel est, en particulier, le *Coris monspeliensis* que l'on trouve aussi dans les arènes dolomitiques (cirque de Mourèze). Cette plante s'accommode difficilement des embruns : elle est de préférence dans les dépressions en cratère dues aux érosions éoliennes (Carnon, rive gauche). Elle existe aussi sur les lidos anciens de Camargue (Terre-Neuve), loin de la mer. Nous citerons comme psammophiles moins délicates vis-à-vis des embruns : *Silene conica*, *Statice echioides*, etc...

Il résulte de ces quelques considérations que si le point de vue chimique permet d'établir une zone halophile littorale, les caractères physico-chimiques permettent de donner quelques détails sur la répartition des végétaux propres à cette zone où il convient de faire figurer des plantes pour lesquelles les qualités physiques du sol sont, seules, justificatrices de leur présence. Nous sommes ainsi amenés à considérer :

I. *Les halophiles nécessaires*. Comprenant :

a) Les halophiles immergées (1) : majorité des algues ; quelques Sapro-légna-cées ; quelques Lichens ; et, parmi les Phanérogames, les seules Hélobiées marines : quelques espèces de Potamogetonacées, d'Hydrocharidacées, de Najadacées.

b) Les halophiles émergées au moins partiellement et toujours sur sol très salé : certaines Salsolacées, Frankeni-acées, Plombaginacées, etc...

II. *Les semi-halophiles*, qui ne vivent pas sur sol salé mais qui supportent les embruns : elles ne sont halophiles que par leurs organes aériens et constituent la très grande majorité des plantes des dunes.

III. *Les non halophiles*. Exclusivement cantonnées dans les dunes et échappant, par leurs stations, à l'action des embruns.

Les deux premières catégories caractérisent la « zone maritime » pour laquelle nous admettrons le sens que lui donne Chermeson par rapport à sa zone paraliennne.

(1) Halophiles marines de Contejean [1881, p. 8] ; plantes marines sensu stricto.

Les deux dernières catégories sont cantonnées au lido qui par ses qualités chimiques (absence ou disparition progressive du sel) et par ses qualités physiques (structure et mobilité) prend dès lors dans cet ensemble halophile de l'appareil littoral, une signification toute particulière. Il a son individualité comme l'océan, comme les étangs à tous leurs stades d'évolution : c'est lui que nous nous proposons d'étudier avec quelques détails dans le présent essai de phytogéographie.

III. LE LIDO (1)

Le lido est, dans son ensemble, cette bande de sable qui, s'adossant de loin en loin à des piliers montagneux, caps, îles ou presqu'îles, forme d'un pilier à l'autre autant de courbes plus ou moins sinueuses et généralement très ouvertes. Ces piliers sont ceux qui délimitaient au pliocène les golfes d'Avignon, de Béziers et de Perpignan, actuellement atterris sur la grande majorité de leur superficie et en tout cas barrés par un *cordon littoral* ou *lido* dont les seules solutions de continuité sont les graus, tous en voie d'extinction.

Le problème de l'évolution de l'appareil littoral nous a mis en présence de stades successifs dont le plus frappant sur la

(1) Nous adoptons le terme de Lido qui désigne, d'après l'étude de Braun [1911], un faciès du cordon littoral plus spécialement en rapport avec la région lagunaire de Venise, très comparable aux rivages du Golfe du Lion. Ce terme est d'ailleurs classique en géologie.

carte est, à n'en pas douter, le stade étang. La présence ou l'absence de ces étangs se traduit en effet tout autour de la Méditerranée française par des éloignements ou des rapprochements du lido par rapport au continent. Nous avons recherché les conditions dans lesquelles ce lido est tantôt éloigné du continent tantôt appliqué contre lui.

Pour cela, nous avons relevé, autant qu'il est possible de le faire dans l'état actuel de nos connaissances géologiques, les limites des divers bassins fluviaux circum-méditerranéens, entre le Cap Couronne et les Pyrénées (voir carte n° 2). Ces limites ont varié par le fait des déplacements de certains lits fluviaux : Vidourle, Hérault, Aude, Agoût. Le Vidourle était tributaire de l'étang de l'Or, l'Hérault de l'étang de Thau par la branche N-E de son delta, et l'Aude de l'étang de Sigean par une branche N-S. Quant à l'Agoût, il se jetait au « quaternaire ancien » dans l'Aude, en direction de Castres, Belle-Serre, Soupex, empruntant ensuite le lit actuel du Fresquel [Leymerie, 1854 ; Magnan, 1870 ; J. Blayac, 1907].

Soit du fait de l'homme (Vidourle), soit du fait des forces naturelles (Hérault, Agoût, Aude) (1) ces rivières sont devenues directement tributaires de la Méditerranée aux graus respectifs du Roi, d'Agde et de Vendres.

Ces déplacements ou, pour mieux dire, ces abandons de lit intéressent des parcours assez restreints et il ne semble pas à première vue qu'ils puissent avoir eu une grande répercussion sur l'évolution du littoral : ils en ont une importante cependant. En effet, l'Hérault et le Vidourle d'une part ont, par leur changement de direction, complètement isolé de leurs bassins le chapelet d'étangs compris entre leurs nouveaux lits : E. de Thau, E. de Vic ; E. de l'Or. D'autre part, l'Aude en se jetant au Nord de la Clape a complètement isolé l'E. de Sigean désormais rattaché au deuxième chapelet de lagunes compris entre l'Agly et le grau de Vendres : E. de Leucate, E. de la Palme, E. de Sigean.

Nous avons été ainsi amenés à tracer par des traits noirs

(1) En 1320, à la suite de la rupture de la digue construite à Sallèles sous la domination romaine pour rejeter en temps ordinaire les eaux de l'Aude vers Narbonne, ce fleuve *revint* dans la branche Nord.

pleins, sur notre carte (n° 2) les limites faîtières qui ont été intéressées par ces changements et nous avons teinté de gris l'ensemble des bassins de moindre importance, tributaires des étangs. On voit que ceux-ci ne sont plus alimentés que par des cours d'eau à faible débit dont les aptitudes au transport des troubles sont très réduites. En dehors de ces deux séries d'étangs le lido devient solidaire du continent. C'est cette conception dynamique du littoral qui nous a fait rattacher (carte n° 2) l'étang de Leucate à la série de La Palme et de Sigean, bien qu'il relève au point de vue hydrographique du bassin de l'Agly. Les divisions que nous avons faites sur notre lido deviennent ainsi indépendantes de la notion, un peu simpliste en vérité, des points d'accrochage ou points d'appui. Les rapports du lido avec le continent sont essentiellement subordonnés au régime des cours d'eau, bien plus qu'aux piliers qui le jalonnent. Partout où se trouvent des fleuves travailleurs le lido est soudé au continent ou s'y soude rapidement ; partout au contraire où les cours d'eau sont peu travailleurs le lido est séparé du continent par des eaux saumâtres. Les raisons de ces faits ressortent de notre carte par laquelle il est aisé de se rendre compte que :

1° Là où le lido est rattaché en frange au continent le développement faîtier des cours d'eau tributaires de cette portion du lido est énorme par rapport à l'étendue de plage où se trouvent leurs embouchures. Par exemple, les trois rivières Aude, Orb, Hérault se jettent entre le Cap d'Agde et la Montagne de la Clape (soit moins de 30 kilomètres) et leur développement faîtier depuis Mont-Louis dans les Pyrénées jusqu'à l'Aigoual dans les Cévennes, atteint près de 300 kilomètres.

2° Là où le lido est séparé du continent par des étangs, il y a généralement très peu de fleuves tributaires ; ou bien, s'ils sont relativement nombreux (Etang de l'Or), leur développement côtier est considérable par rapport à leur surface de drainage.

D'après cela le lido du Golfe du Lion se présente sous deux états qui correspondent à deux évolutions bien différentes :

Premier état. — Le lido s'accroît en largeur en restant soudé

au continent ou bien, au fur et à mesure qu'un cordon de sable se différencie en avant du continent, les surfaces aqueuses séquestrées se transforment par un colmatage actif et évoluent rapidement vers le stade cultural (1).

Les parties du littoral qui se rattachent à cet état se trouvent : en Camargue (max. part.) ; entre le Cap d'Agde et La Clape ; enfin en Roussillon entre l'étang de Leucate et les Albères.

En Camargue l'évolution naturelle est voilée par le système complexe des digues et des canaux. Il faudrait de nombreuses années d'observation sur place pour déchiffrer la seule topographie qui peut être considérée dans son ensemble et en dehors de toute intervention humaine comme la résultante de deux phénomènes directeurs solidaires l'un de l'autre : la déviation des sables marins vers le couchant et la déviation des bras du Rhône vers le levant. Quant à l'étude phytogéographique de la Camargue étayée sur la dynamique du delta rhodanien, elle reste entièrement à faire : il est hors de nos intentions de l'aborder ici parce que les lidos antérieurs à celui des Saintes-Maries ne sont pas susceptibles d'accroissement. L'évolution des lagunes de Camargue se présente sous des états variés et très complexes dont les principaux aspects sont les Gazes, les Sansouires, les Theys, les Lones, les Radeaux, les Baisses, les Patis, les Paluds... Cette énumération n'a aucun caractère chronologique. Lorsque la subordination de ces stades sera établie, l'histoire de la Camargue pourra prétendre à quelques bases scientifiques : une vie entière faite de labeur ardent n'y suffirait peut-être pas. Et, lorsque les divers procédés (2) pour atteindre au stade cultural seront connus, il restera à suivre l'accroissement du Delta, œuvre séculaire que notre entendement doit se contenter, en toute sagesse, d'entrevoir.

(1) Nous ne tenons compte ici que des vocations naturelles des régions et non de l'intervention de l'homme qui, par des endiguements par exemple, a pu entraver les colmatages spontanés. D'autre part nous opposons l'évolution rapide, qui relève des temps historiques à l'évolution lente dont nous ne pouvons prévoir à quelle époque aura lieu l'affranchissement des vestiges marins.

(2) Il y a vraisemblablement des modalités diverses, locales.

Certains naturalistes, peu soucieux d'un pareil aveu de modestie, n'ont pourtant pas hésité à prédire ce que serait cette œuvre séculaire. Leurs opinions reposent toujours sur l'aptitude des fleuves à transporter des troubles (1).

Une science d'observation ne saurait admettre pareilles prédictions lorsque tous les faits font ressortir dans le Golfe du Lion une *tendance* vers le ralentissement de l'énergie cinématique de l'eau sous toutes ses formes (ensablement des fleuves côtiers, extrême lenteur de la formation du delta de l'Aude, etc...). Mais nous nous garderons bien de conclure à autre chose qu'à une *tendance* vers la stabilisation, ne voulant pas, après avoir fait la critique des théories trop affirmatives dans le sens de la continuité des phénomènes d'atterrissement, tomber dans une erreur semblable en admettant le ralentissement progressif et *nécessaire* de ces phénomènes. Nous ne devons pas l'oublier : les périodes glaciaires et diluviennes ont été nombreuses, en alternance avec des phases d'accalmie dans les précipitations atmosphériques et des hausses thermométriques et, pour bien des géologues, l'appauvrissement de la croûte terrestre en eau n'est qu'un « incident tout à fait transitoire » [De Launay, 1908, p. 254]. Il est bien difficile dans ces conditions de se montrer affirmatif sur les érosions futures du continent et, par là même, sur les nouveaux apports fluviaux qui en résulteront.

Deuxième état. — C'est celui du lido isolé des terres par une série d'étangs qui sont voués au comblement sans doute, mais dont les atterrissements se font avec une extrême lenteur en raison du cubage réduit des troubles qui leur sont apportés : d'une part, par les rivières et ruisseaux qui s'y déversent, d'autre part par les invasions marines intermittentes.

Ces dernières paraissent souvent jouer un rôle considérable par la durée des immersions ; il n'est pas rare qu'elles se pro-

(1) Rhône 21 millions de m³ et Aude 2 millions de m³. — Viguier (1888) entrevoit les avances respectives des deltas du Rhône et de l'Aude et ne considère pas leur rencontre comme impossible. L'Orb serait alors un affluent de l'Aude. Voilà une programme géologique à longue échéance mais qui n'est rien à côté de celui qui prévoit la rencontre des alluvions de Camargue avec les Côtes Africaines (Martins, 1874).

longent depuis l'automne jusqu'au printemps. Mais le transport des troubles marins lui-même s'effectue presque toujours pendant le temps très court où les vagues franchissent le lido. Il n'est pas sans intérêt de remarquer, pour l'avenir de ce même lido, que la dune n'est pas un obstacle *efficace* au franchissement. Le véritable obstacle c'est l'épaisseur verticale du lido jusqu'à la base des dunes (socle de l'appareil dunal). Sur notre littoral la fixation des sables n'est jamais poussée au point de créer une barrière que la mer ne puisse culbuter ; mais le lido peut contribuer lui-même, par des exhaussements successifs après chaque incursion marine, au comblement des lagunes qu'il délimite. A un moment donné, la mer ne pouvant plus le franchir, les lagunes ne seront plus comblées que par des apports continentaux. Comme les ruisseaux tributaires de ces lagunes sont de moins en moins travailleurs, celles-ci sont en définitive vouées à une évolution lente qui caractérise bien le deuxième état que nous venons de décrire.

Nous connaissons les conditions dans lesquelles peuvent s'établir les divers rapports du lido et du continent. Avouons que nous ne pouvons aller beaucoup plus loin dans la solution du problème du lido. Cela tient peut-être à ce que la part de l'océanographie est la plus importante, de beaucoup, dans pareille étude, en raison du rôle prédominant que joue l'énergie cinématique de la mer dans les formations littorales. Or, la Méditerranée a toujours été l'enfant pauvre des océanographes. Il a fallu attendre le début du *xx*^e siècle pour avoir quelques données d'ensemble sur cette mer intérieure dont jusque là certains ingénieurs et savants n'avaient sondé les mystères que pour des besoins de service ou avaient toujours limité ces sondages à des régions restreintes. Il est assez curieux de remarquer à ce sujet que la première orientation vraiment océanographique donnée à ces recherches, remonte aux études de Marsilli (1725) sur le Golfe du Lion ; ces premières recherches méditerranéennes n'ont été ni approfondies ni généralisées avec une méthode rigoureuse malgré la création de l'institut océanographique de Monaco (inauguration en 1912).

Pour connaître l'origine du lido il faudrait : 1° Etablir sa composition minéralogique ; 2° Rechercher l'origine des élé-

ments constitutifs ; 3° Connaissant le point de départ et le point d'arrivée, étudier les voies de transport.

Ces problèmes sont partiellement résolus. Ainsi, les petits galets de variolite que l'on trouve fréquemment sur les plages de Palavas, et sur les lidos anciens de Camargue, proviennent sans aucun doute des érosions de la Durance (1). Comment sont-ils transportés du Rhône sur le lido ? C'est là le côté le plus délicat du problème.

Les apports les plus considérables se font à l'extrémité Est du Golfe du Lion. Ces troubles sont ensuite déviés en grande partie vers le couchant, dès leur arrivée dans la mer, par deux causes primordiales : la rotation de la terre et les courants.

Elles étaient déjà signalées en 1737 par Astruc qui prétendait que les atterrissements du Rhône pouvaient aller « jusqu'à Agde et peut-être au-delà ». Astruc ne fait d'ailleurs que constater les faits et se montre très réservé sur leurs causes qu'il soupçonne cependant. Frappé, comme de juste, de ce que les côtes de Provence sont si différentes de celles du Languedoc bien qu'« également contiguës au Rhône », il est amené à en rechercher les causes : « Cette différence, dit-il, ne peut venir que du courant qui règne sur les côtes de Provence et de Languedoc et qui va du Levant au Couchant ». Il restait alors à expliquer l'origine de ce courant : « Je n'examinerai pas ici, écrit-il à ce sujet, s'il faut l'attribuer au mouvement journalier de la terre du Couchant au Levant ou si l'eau de la mer ne paraît aller ou pour mieux dire ne va dans ce sens que parce qu'elle ne peut pas suivre la rapidité du mouvement journalier de la terre sur son axe dans un sens opposé. Il suffit que ce courant soit réel, comme il l'est, et sur cela on ne saurait désirer de preuves plus certaines... ». D'un même coup, Astruc soupçonnait au problème des mouvements des sables vers l'Ouest la solution par la cause générale (rotation de la terre) et la solution par la cause locale (courants marins) : C'est un grand honneur pour lui d'avoir posé il y a près de deux siècles un problème qui n'est pas encore résolu de nos jours.

(1) Nous donnons plus loin (p. 62) les principaux éléments constitutifs des sables dont on connaît avec quelque précision les origines montagnardes.

La rotation de la terre est admise aujourd'hui comme la cause fondamentale de la déviation des courants marins. Nansen [1905], analysant les causes des courants marins arrive aux conclusions suivantes : Sans la rotation de la terre, les courants seraient directs entre les pôles et l'équateur ; sans les continents, ces courants seraient remplacés par des spirales circumpolaires, à cause de la rotation de la terre ; et enfin, en tenant compte de la rotation et des continents, l'eau des fosses *dirigées suivant les méridiens* ne subiraient qu'une très faible déviation.

Il convenait de rappeler ces faits parce que, la Méditerranée étant une suite de fosses *dirigées suivant un parallèle*, la rotation de la terre agit parallèlement à l'action des courants côtiers du Languedoc, et perpendiculairement à l'action des courants côtiers du Roussillon.

Les courants du Golfe du Lion ont donné lieu à des controverses nombreuses.

Les premières expériences vraiment scientifiques tentées pour étudier ces courants par l'ingénieur Régy ne nous donnent satisfaction ni au point de vue de la direction ni au point de vue de la vitesse [Bernard, 1833 ; Régy, 1868]. Cependant l'existence du courant littoral vers le couchant était déjà érigée en un dogme qui dominait les travaux de protection des ports languedociens : « Lorsqu'on construira des môles, pour éviter le dépôt des sables » il conviendra « d'observer autant qu'il sera possible que leur direction soit parallèle à celle des courants » [Guilleminet]. Ce qui était observé en France l'était également en Italie par le corps des ingénieurs dont Montanari fut l'un des champions et qui concluait aussi à un courant littoral originaire du détroit de Gibraltar. Ce courant suivait les côtes d'Afrique, de l'Asie et de l'Europe pour revenir à son point de départ. On en était là, lorsque en 1894, se basant sur « des expériences précises » qu'il n'indique d'ailleurs en aucune autre manière, M. Malavialle infirmait « cette opinion longtemps admise, notamment au XVIII^e siècle par Mercadier et encore de nos jours par Elie de Beaumont et Surell ». « Ces expériences, ajoutait le même géographe, montrent seulement les translations de surface, assez faibles d'ailleurs, variant selon les en-

droits, les saisons et les vents, avec prédominance marquée pourtant de la direction du N-E au S-O entre le Rhône et Agde, de la marche inverse entre Leucate et le Cap de Creus, et une zone intermédiaire alternante. » Or les références bibliographiques citées par cet auteur à l'appui de sa thèse (p. 193 en note) indiquent des travaux entachés du même défaut de précision que ceux de Bernard (1833), dont les écrits étaient toutefois devenus la base de toutes les discussions du même ordre entreprise par Monnier en 1837 et Bourguignon-Duperré en 1838.

En raison de toutes ces discussions contradictoires, la fin du xix^e siècle est marquée par une phase de doute qui ne pouvait prendre fin qu'à la suite d'expériences méthodiques et de longue haleine (1). Pour si consciencieuses qu'elles soient, les expériences isolées et localisées ne valent que par leur nombre et encore peut-on dire qu'il est impossible de les coordonner si elles ne relèvent pas des mêmes méthodes. Le xx^e siècle vit enfin s'ouvrir une ère de coordination rendue possible par la fréquence des observations. Mais ne perdons pas de vue que la « commission internationale d'océanographie méditerranéenne » instituée à Monaco est trop nouvellement venue encore et que nous n'avons à notre disposition que les résultats d'observations *plus ou moins prolongées* auxquelles le caractère de constance fait défaut. Dans cet ordre d'idée, ce sont les Allemands et les Danois qui ont fourni les documents les plus précieux et M. Thoulet pouvait déplorer en 1904 déjà qu'« une science de Français » fut si peu devenue « une science française ».

Les travaux allemands et notamment les statistiques du Deutsche Seewart recueillies sur les livres de bord des vapeurs

(1) On trouvera à l'index bibliographique les travaux principaux relatifs à cette question importante et dont voici les auteurs les plus autorisés : 1737 : Astruc ; 1741 : Zandrini ; 1775 : Pouget ; 1778 : de la Lande ; 1783 : Groignard ; 1787 : Dorthes ; 1788 : Mercadier ; Frémond de la Merveillère, Blanchard ; 1805 : Grangent ; vers 1810-1815 : Defougères, Gaschon, Fontenay, Igauzin, Lemoyne dont on possède des manuscrits ; 1826 : Dumont d'Urville ; 1833 : Bernard ; 1837 : Monnier ; 1838 : Bourguignon-Duperré ; 1839 : Raffeneau de Lille ; 1843-45 : Elie de Beaumont ; 1847 : Surell ; 1863 : Régy ; 1870 : W.-B. Carpenter ; 1872-81 : Lenthéric ; 1888 : Viguiier ; 1889 : Cazalis de Fondouce ; 1891 : Jourdanne.

allemands faisant un service *régulier* dans les eaux méditerranéennes, se rapportent surtout à la météorologie ; la véritable interprétation du courant circulaire revient aux croisières danoises du Thor (1908-1910) : c'est désormais la période des océanographes qui recherchent les causes des courants et ne se contentent plus de les constater. Chaque mer, chaque océan a pour ses eaux des caractéristiques connues et l'on peut assister aux pénétrations réciproques de ces eaux. La certitude est acquise d'après certaines de ces caractéristiques océanographiques de premier ordre, telles que la salinité et la température, que les eaux méditerranéennes se prolongent au-delà de Gibraltar dans l'Atlantique, séjournant au Golfe de Cadix d'après W.-B. Carpenter [1871] et remontant même jusqu'aux côtes irlandaises d'après Nielsen [1908-1910] : ces observations paraissent avoir échappé aux négateurs des courants circum-méditerranéens. Le Challenger précisait dès 1893 la profondeur des eaux méditerranéennes dans l'Atlantique, entre 1000 et 2000 mètres au voisinage des côtes d'Espagne et du Portugal. Et enfin les recherches faites à bord du Thor situaient ces mêmes eaux méditerranéennes en une couche intermédiaire qui repose sur les eaux de même densité vers la cote 1000 m, au sein même de l'Atlantique, traversant le Golfe de Gascogne pour mourir sur les côtes Sud-Ouest de l'Irlande.

Il y a donc dans le détroit de Gibraltar un échange considérable entre les eaux atlantiques et les eaux méditerranéennes. Les croisières danoises (1908-1910) ont établi dans quelles conditions se faisait cet échange : les eaux de l'Océan franchissent le détroit par-dessus les eaux de la Méditerranée, jusqu'à une profondeur de 200 mètres. Le courant inférieur de compensation est alimenté par les mêmes eaux qui ont acquis leurs caractères méditerranéens en se sursaturant dans les fosses orientales et en subissant toutes les actions spéciales à une mer intérieure, dont Allemandet (1903), pouvait écrire avec raison qu'elle était « trop petite pour avoir les caractères océaniques et trop grande pour avoir les caractères d'un lac ».

Les données cinématiques et physicochimiques établies par les Danois sont de la plus grande valeur et il n'est pas sans

intérêt de constater qu'elles sont entièrement conformes aux données biologiques (1).

Quoiqu'il en soit, il nous a paru nécessaire de lever les doutes qui pourraient subsister encore sur l'existence de ce courant : il serait sans intérêt pour nous s'il ne devait avoir sa répercussion dans le Golfe du Lion. Or, les recherches du Thor ont précisément mis en lumière que les apports atlantiques longent les côtes africaines et se ramifient vers les Baléares et la mer Tyrrhénienne.

Malheureusement l'étude de ces courants *dérivés* reste entièrement à faire. Il est fort probable que l'un des bras remontant les côtes occidentales de l'Italie longe les côtes de Camargue et du Languedoc de l'Est à l'Ouest.

Des phénomènes indiscutables de translation ont été observés et relatés. Mais ces observations ne sont jamais assez nombreuses et il nous paraît de quelque utilité de faire état ici de celles que nous avons pu recueillir aux mois de juillet et d'août 1921.

1° En 1900, le navire « La Russie » ayant échoué en avant du grand banc de sable, dans le droit du Phare de l'Espiguette, son équipage n'a jamais pu faire parvenir les bouées à la côte : elles ont toutes échoué à 3 kilomètres à l'ouest sur des bancs de sable.

2° Une barque détachée devant le phare pour aller porter du secours a échoué à l'ouest, au Grau du Roi.

3° En mars 1900, des épaves nombreuses venues du large de l'Espiguette ont échoué au Grau du Roi.

4° Beaucoup de baigneurs sont pris par les courants venant d'Est, au Grau du Roi où il est très dangereux de s'aventurer loin de la côte.

5° Nous avons constaté que même par temps calme, sur une mer sans vagues, entre les Saintes-Maries et Beauduc, il existait un courant d'une centaine de mètres de large, à 3 kilomètres de la côte, et venant d'Est.

Ces courants venant d'Est sont les plus fréquents, mais il peut également se former des courants d'Ouest, toujours temporaires. Ces derniers ont lieu lorsque le Mistral s'établit pour une période assez longue.

6° C'est ainsi qu'en 1915 une nacelle à la dérive au large de Palavas a échoué sur la plage entre le Grau du Roi et l'Espiguette.

7° En 1912, le gardien du phare de l'Espiguette a repêché une réserve

(1) Nous devons signaler sous ce rapport les 14 espèces d'algues méditerranéennes que l'on retrouve dans les eaux Atlantiques jusque vers les Canaries et le Golfe de Gascogne et, au point de vue zoologique il semble bien que les poissons (Sternopychidae notamment) soient réfractaires à ces exportations et partant plus sensibles au changement de milieu, même léger, aux abords du détroit de Gibraltar.

d'anguilles venue de Palavas et qui fut, par la suite, remise à son propriétaire.

8° Il est un fait connu de tous les pêcheurs : les bateaux *dématés* et qui ont leur filet en position de capture, offrant par conséquent une prise aux courants et ne subissant que très peu l'influence des vents sont retrouvés le lendemain à des distances qui peuvent atteindre (vers l'est ou vers l'ouest suivant les courants) deux kilomètres de l'endroit où ils ont été laissés.

9° Les bateaux qui veulent « sortir du courant » sont parfois obligés de s'éloigner jusqu'à 10 kilomètres de la côte. C'est qu'en effet les courants commencent toujours à la côte et vont en s'élargissant plus ou moins suivant le régime des vents.

10° Tous ces courants côtiers provoquent des dépôts de sable très visibles par mer légèrement agitée : on voit alors en effet les lignes d'écume blanche indiquant les vagues qui déferlent, et l'on peut aisément reconnaître en avant des côtes de Camargue, trois nerfs bien connus des pêcheurs :

a) Le *banc de côte*, qui est le lido actuel prolongé plus ou moins en mer.

b) Un banc intermédiaire à 30-50 mètres environ en avant du lido.

c) Le *grand banc* qui forme la corde de l'anse de l'Espiguette au Grau du Roi et en avant du Lido des Saintes-Maries.

Tous ces bancs s'accroissent et émergent avec le temps. Il y a lieu de prévoir une nouvelle séquestration de la mer dans les anses de Beauduc et d'Aigues-Mortes, à tel point que le Phare de l'Espiguette qui avait été construit à moins de 100 mètres de la mer en est éloigné aujourd'hui de près de 500.

Tous ces épis paraissent dus aux courants les plus fréquents venant d'Est (1).

Si nous avons insisté d'une façon particulière sur les courants marins c'est que sans leur connaissance approfondie, le problème du lido et par suite celui de l'appareil dunaire, ne peuvent être résolus. Nous avons tenu simplement à poser ce problème ici au point de vue de la répercussion qu'il peut avoir sur le sujet qui nous occupe, en étudiant les principaux efforts accomplis et en essayant d'entrevoir quelques-uns de ceux qui restent à faire. C'est à la géographie physique d'une part (érosion fluviale, transport et rejet sur les côtes) ; à la minéralogie d'autre part (éléments constitutifs) et surtout à l'océano-

(1) M. Gayraud, subdivisionnaire des ponts et chaussées à Aigues-Mortes, a pu recueillir sur la zone côtière de l'Espiguette une belle collection d'amphores et de poteries romaines amenées (?) du Rhône. (Cagnat, 1911). Nous adressons à M. Gayraud des remerciements bien vifs pour les renseignements qu'il nous a fournis sur le Lido Camarguais.

graphie (courants, etc...) qu'il convient de demander une triple solution.

En attendant mieux, retenons que les côtes longées par des courants puissants et constants sont dirigées Nord-Sud, dans la grande majorité des cas. On conçoit dès lors que les côtes Ouest de France soient drainées jusqu'aux côtes Espagnoles et que les sables puissent s'accumuler dans le Golfe de Gascogne : il est de fait, que les dunes les plus élevées de nos côtes se trouvent au Sud de la Garonne. Au contraire, les côtes du Golfe du Lion forment un grand arc de cercle dirigé Est-Ouest : elles ne relèvent pas des grands courants suivant les méridiens, et de plus, elles bordent une mer intérieure à courants côtiers moins intenses, suivant des parallèles, ce qui peut expliquer dans une certaine mesure les dimensions réduites de leur appareil dunal.

* * *

A ces données générales sur lesquelles nous avons été maintes fois appelés à faire aveu d'ignorance, nous ajouterons quelques détails topographiques très importants au point de vue phytogéographique, car ils se rapportent à la nature des *Plages* et des *Souillères*. Ces deux sortes de territoires jouent un grand rôle sur la formation des dunes : nous avons à donner à leur sujet quelques précisions qui paraissent avoir échappé aux botanistes récoltants et aux phytogéographes statisticiens.

Les Plages

Le terme de « plage » est employé dans des sens très divers par les auteurs des flores locales : C'est pour eux, d'une façon générale, tout ce qui est voisin de la mer, aussi bien en deçà qu'au-delà des dunes (voir notamment Gautier, 1897).

Nous considérerons comme plage, la partie du lido comprise entre la mer et les dunes. Sa largeur est extrêmement variable et dépend surtout de la nature des sables. S'ils sont graveleux ils seront mal déblayés par les vents ; le sable fin peut alors réussir à s'accrocher aux éléments grossiers et des plantules psammophiles prennent pied tout près de la mer. Au contraire, sur les territoires côtiers alimentés par des limons, ce même espace pourra être très vaste. Si cependant, des étangs se trouvent en arrière du cordon littoral, la plage sera réduite. Aussi est-ce en Camargue que les plages sont le plus élargies et que les dunes peuvent se former loin de la côte.

La plage se prolonge sous l'appareil dunal dont elle constitue le socle, de même que son prolongement sous la mer constitue le socle continental (Planasse du Golfe du Lion). Plus on se rapproche de Camargue plus la hauteur absolue du socle est faible : Il peut alors arriver que la mer envahisse ces plages basses sur une grande profondeur, aux moindres tempêtes, parfois même par le simple jeu des marées (Rafalino, entre le grau du Roi et l'Espiguette, phot. n° 2). C'est là une cause qui s'ajoute à la structure des sables pour maintenir à la plage une grande largeur et repousser le cordon dunal vers l'intérieur des terres.

Les Souillères

Les travaux de phytogéographie qui ont spécialement traité du tapis végétal sur le lido, envisagent toujours séparément « *les dunes* » et « *les sansouires* ». Les relations qui existent entre les deux types topographiques n'y ressortent guère parce que le point de vue génétique n'est qu'incomplètement envisagé : cela tient à ce que l'origine véritable de la formation des dunes est masquée par la conception statique de ces diverses régions. Les Sansouires par exemple sont divisées en deux catégories : les inondables et celles qui sont rarement inondées ou constamment émergées. Cette conception n'est pas inexacte, mais elle néglige un facteur primordial : le vent. — Le vent a une influence capitale sur l'évolution de ces grands territoires à Salicornes, parce que les uns peuvent être, grâce à leur situation par rapport à la plage, envahis par les sables, alors que d'autres au contraire échappent à cette invasion. Ceux de la Petite Camargue et de Terre-Neuve, qui restent émergés pendant toute la période printanière et estivale et qui sont en butte au Mistral soufflant parallèlement à la côte, sont parfois totalement envahis par ce sable sec qui forme alors une couche meuble sur le salant. Tandis que ceux des Saintes-Maries par exemple ne reçoivent jamais le sable éolien : Nous y chercherions en vain des dunes. Mais dès qu'on se rapproche de la pointe de Terre-Neuve ou de la pointe de Beauduc, il n'est pas rare de trouver des dunes de tous âges ça et là au milieu des Salicornes.

Tenant compte de ce facteur dynamique si puissant en Camargue, le vent, nous devons combiner son action avec celle de la mer. Nous avons été ainsi amenés à répartir les sansouires en quatre catégories :

- I. Sansouires soumises aux ensablements éoliens
 - a) inondables (souillères) (1)
 - b) émergées (sansouires au sens strict) ;
- II. Sansouires échappant aux ensablements éoliens
 - a) inondables (souillères)
 - b) émergées (sansouires au sens strict).

Si nous nous rapportons maintenant aux conclusions d'ordre dynamique exposées dans les mêmes travaux de phytogéographie, nous serons appelés à les modifier ou à les préciser justement en raison de la part qui revient au vent. Pour les deux catégories admises (inondables et émergées), la conséquence dynamique est un exhaussement lent mais certain du sol, très lent dans le cas des sansouires émergées, moins lent dans le cas des sansouires inondables ou souillères. Nous ne contestons pas cet exhaussement : il achemine la souillère vers un affranchissement des influences marines. C'est là un point capital au point de vue des successions floristiques. Mais nous devons, sous ce rapport, noter un deuxième mode d'évolution, jusqu'ici passé sous silence et par lequel ce stade d'affranchissement est singulièrement accéléré : c'est précisément celui qui caractérise les souillères et les sansouires soumises aux ensablements éoliens. Elles finissent par se combler peu à peu par des dunes, d'abord clairsemées puis jointives. Leur évolution naturelle se traduit floristiquement par l'installation d'une végétation psammophile plus ou moins accumulatrice de sable.

Par conséquent il y a des souillères (Souillères de Madame, de la Félicité, etc... au Sud du Grau du Roi) dont le sol s'exhausse rapidement, au moins par places et l'affranchissement des influences marines par le sol se fait en réalité de deux façons : par *comblement* et par *exhaussement*.

C'est le procédé par comblement qui préside à l'évolution normale des graus. Nous y reviendrons lorsque nous les étudierons au point de vue phytogéographique. Ils relèvent de l'évolution des souillères.

(1) Terme employé par les indigènes et adopté par les ingénieurs des ponts et chaussées.

Les Graus

Les graus sont des coupures du lido (voir carte des graus). Ils sont dus soit aux embouchures des cours d'eau (graus fluviaux) soit à des communications entre la mer et les étangs (graus marins).

Dans les deux cas ils sont permanents (*graus ouverts*) ou *intermittents*. Les graus marins peuvent être définitivement obturés par exhaussement progressif du lido et les graus fluviaux peuvent cesser de fonctionner par déplacement du lit du fleuve (Vidourle) ou par diminution de l'activité du fleuve. Ils deviennent alors des *graus fermés*.

Nous devons faire, parmi les graus marins intermittents, une distinction entre les graus ouverts par tempête seulement, et ceux qui fonctionnent périodiquement sous l'influence de la marée. Ces derniers sont très rares sur nos côtes : nous ne connaissons que le grau de Rafalino (Camargue) (photo n° 2) qui soit véritablement un « *grau de marée* ».

L'homme intervient dans certains cas, soit pour éviter l'obstruction des *graus naturels* soit pour en créer de toute pièce : Toutes ces coupures entretenues ou créées constituent pour nous des *graus artificiels*.

Nous avons tracé dans ses grandes lignes le rôle des graus dans l'évolution des étangs et par suite de l'appareil littoral.

Nous étudierons ultérieurement (voir p. 136) leur rôle dans l'évolution des dunes.

L'Appareil dunal

L'appareil dunal englobe l'ensemble de toutes les dunes ou montilles (1) qui se forment sur le lido.

Les dunes limitent la plage vers le continent toutes les fois qu'elles constituent un rideau *continu* à une certaine distance de la mer. Elles forment alors les *dunes côtières*. Celles-ci sont parfois interrompues par les graus et par les souillères. Ces solutions de continuité ont toujours une tendance à se combler : les diverses modalités par lesquelles ces coupures tendent à disparaître feront l'objet d'études particulières.

Sur certains points du littoral du Golfe du Lion, le continent s'est « avancé » vers la mer (delta du Rhône). Dans ce cas il y a eu formations successives de lidos, les plus anciens étant les plus continentaux. Ces lidos ont eu chacun leur appareil dunal propre. Nous désignerons sous le nom d'*appareil dunal actuel*, celui qui se trouve sur le lido le plus jeune (lido actuel).

Dans tous les cas, il y a lieu de considérer, dans la morphologie générale de l'appareil dunal la part qui revient à la dune proprement dite et celle qui revient au lido lui-même, car la dune repose sur un socle qui fait partie intégrante de l'appareil dunal.

L'évolution verticale du lido est telle que les dunes vont en augmentant de hauteur depuis les Pyrénées jusqu'au Golfe de Fos. Leur altitude s'abaisse à nouveau sur le lido du Galéjeon (Golfe de Fos) où les troubles arrivent en quantité très faible parce que cette portion du littoral est située à l'Est des apports rhodaniens. Un graphique (fig. 3) peut donner une idée de ces faits.

(1) Terme employé en Camargue surtout. Ex. : la montille du lièvre (Beauduc).

Mais ce n'est là qu'un côté de l'évolution du lido. Nous avons étudié la hauteur absolue des dunes au-dessus du niveau de la mer, il faut en réalité tenir compte aussi de leur hauteur relative par rapport à l'exhaussement de leur « socle ». Or l'élévation de celui-ci est liée très étroitement : 1° A la nature du matériel arénacé ; 2° Au régime des vents ; 3° A son extension vers le continent. On conçoit en effet que plus ce matériel sera grossier plus il aura de difficulté à être emporté par le vent. Les graviers resteront accumulés au bord de la mer et ne seront refoulés vers l'intérieur que par les tempêtes. Ils ne

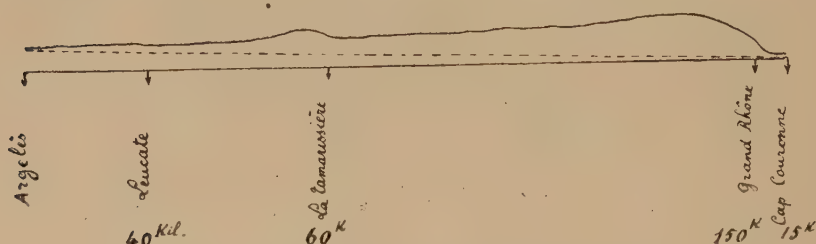


Fig. 3. — Profils de l'appareil dunal (trait plein)
et du socle dunal (pointillé).

seront pas déblayés par la suite et ils s'adosseront aux graviers anciens. On peut expliquer par là, en partie, l'allure rectiligne des côtes du Roussillon : le golfe pliocène est actuellement comblé jusqu'à sa corde. Il n'en sera pas de même pour les éléments fins qui entrent dans la constitution du lido : ceux-ci seront facilement emportés par le vent, la plage en sera déblayée, et, s'il n'y a pas d'étangs en arrière du lido, ils pourront être amenés à de grandes distances dans les terres (Espiguette, Beauduc).

Il résulte de tout cela, qu'au Sud de Leucate nous serons en présence d'un Lido surélevé (phot. 34) et qu'en nous rapprochant de Camargue la hauteur absolue du socle dunal ira en diminuant. On voit, d'après le graphique (fig. 3) que la courbe des hauteurs absolues des dunes (trait plein) et celle des hauteurs absolues du socle (pointillé) ont une allure inverse.

IV. CONCLUSIONS

Le lido du Golfe du Lion peut être considéré comme la résultante morphologique de deux énergies d'intensité variable qui se succèdent ou se combinent dans la manipulation des troubles : celle des fleuves et celle de la mer.

L'énergie fluviale se manifeste rarement en effet avec violence, et devient parfois presque nulle pendant les grandes périodes de sécheresse estivale. L'énergie marine agit avec une grande constance pendant la majeure partie de l'année mais elle est quelquefois aussi presque nulle ou passe au contraire par des crises de violence qui coïncident presque toujours avec les débordements des cours d'eau. De sorte que, dans l'ensemble, ces deux énergies varient dans le même sens : l'on peut risquer la notion de « synergie cinématique de l'eau », sous toutes ses formes, et dans ses rapports avec les transformations du lido.

Une telle synergie a des conséquences heureuses dans l'économie de notre Languedoc méditerranéen. Elle déblaie les embouchures au fur et à mesure qu'elles se combinent. Mais lorsque les fleuves débordent sans que la mer soit démontée, ce qui est rare, il est aisé de franchir leur embouchure à pied sitôt que les choses sont rentrées dans la norme : L'Orb, la Têt, le Tech, ont leur embouchure immédiatement ensablée après les intempéries d'origine montagnarde (1). Il faut alors attendre une tempête marine pour les déblayer à nouveau, au moins en partie.

(1) Nous avons pu passer à pied sur la barre du Tech, 10 jours après les inondations de novembre 1921.

On conçoit dès lors que la physionomie du cordon littoral puisse varier suivant des combinaisons d'intensité de ces deux énergies. Or, les actions de la mer sont réparties avec une intensité à peu près égale sur toute l'étendue du Golfe du Lion, aussi bien pendant les tempêtes que pendant les phases d'accalmie. Mais il est loin d'en être de même pour les fleuves, et il y a lieu de considérer à ce point de vue :

1° Les fleuves qui rejettent à la mer des troubles fins, soit en raison de la longueur de leur parcours, soit en raison des terrains plus ou moins meubles qu'ils traversent, soit encore en raison de leur faible pente prolongeant le broyage du matériel arraché au flanc des rives (Rhône, Hérault, Aude...).

2° Les fleuves qui amènent à la mer des matériaux grossiers, tels que graviers ou galets. Ils ont généralement des parcours restreints, à forte pente dans leur bassin supérieur et traversent des roches résistantes. Dans le Golfe du Lion, leur allure est plus torrentielle que celle des premiers (Agly, Tech, Têt, Massane, Réart).

C'est en partie de là que provient cette grande différence entre la physionomie du littoral en Roussillon d'une part et celle du reste du territoire côtier du Golfe du Lion d'autre part. Au Sud de Leucate en effet, les plages sont graveleuses (phot. 34). Toute la Salanque littorale est formée par des sables très grossiers (phot. 36) et les amoncellements de sable fin y sont extrêmement rares. Au contraire, les dunes sont édifiées avec une puissance relativement considérable partout où les grèves larges sont alimentées surtout en sable fin : par exemple entre l'Aude et l'Hérault et notamment à la Tamarissière (rive droite de l'embouchure de l'Hérault) ; entre Carnon et le Grau du Roi et enfin sur toutes les côtes de la Camargue.

L'opposition entre l'évolution du lido roussillonnais et celle du lido à l'Est de la falaise de Leucate s'affirme par ailleurs : dans l'ensemble du Golfe du Lion la plage s'élargit des Pyrénées vers le Rhône. C'est là une résultante morphologique de conditions dynamiques différentes : le cordon littoral au sud de Leucate est moins plastique qu'au Nord de cette localité.

Ainsi s'affirme une dualité morphologique et dynamique dont nous aurons à faire état pour une très large part au point de vue phytogéographique (3° partie). Le cap de Leucate prend une

signification analogue à celle que prend le Cap Couronne par rapport aux piliers extrêmes du Golfe du Lion sensu lato (Albères et Estaque).

Il n'est pas sans intérêt de rapprocher ces faits de la scission que firent les géographes anciens dans ce Golfe du Lion : il comprenait d'après eux le Golfe gaulois (*Sinus Gallicus*) et le Golfe de Narbonne, soudés à la montagne de Cette. Là encore, la délimitation de ces deux golfes était purement topographique et n'est pas acceptable au point de vue dynamique. Ce n'est pas la montagne de Cette qui importe à ce point de vue parce que l'évolution du littoral à l'Ouest de ce massif relève des mêmes procédés que celle du littoral situé à l'Est. Si les conceptions des phytogéographes peuvent s'accorder avec celles des géographes en ce qui concerne le Cap Couronne, elles se contrarient en ce qui concerne une scission à l'intérieur du Golfe du Lion.



Les plages, les graus, les souillères et les dunes sont les quatre éléments constitutifs de la morphologie de notre lido.

D'après ce que nous avons dit sur ces divers éléments, il existe presque toujours dans la chronologie des événements qui constituent l'histoire du lido, une phase comportant l'installation des dunes ou montilles.

Celles-ci prennent à ce titre un intérêt capital auquel nous consacrerons le reste de la présente étude.

PREMIÈRE PARTIE

Evolution générale des Dunes

CHAP. I. — Le Trinôme dynamique	59
CHAP. II. — Le Pro-Ammophiletum et le Stade de jeunesse des Dunes.....	97
CHAP. III. — L'Ammophiletum et le Stade adulte des Dunes.	143
CHAP. IV. — Le Crucianelletum et le Stade de dégénéres- cence des Dunes.	159
CHAP. V. — Destruction du Crucianelletum et régénérés- cence de l'Ammophiletum.....	173
Conclusions.....	187

CHAPITRE I

Le Trinôme dynamique

(*Préliminaires analytiques*)

I. LE SABLE. — Structure. Constitution minéralogique. Analyse chimique. L'eau dans les sables. Le salant. Conclusions.....	61
II. LE VENT. — Les vents du Sud et les vents du Nord. Leurs intensités. Leur durée.....	70
III. L'OBSTACLE. — Sa nature essentielle est d'être vivant. Conséquences générales sur l'évolution de la dune : type atlantique ; type méditerranéen ; type mixte. Les dunes de plage. Conditions préalables au développement des obstacles : stabilisation des semences ; fixation de la plantule.....	71
IV. RAPPORTS RÉCIPROQUES DES ÉLÉMENTS CONSTITUTIFS DU TRINÔME DYNAMIQUE :	
a) <i>Le vent et l'obstacle</i> . — Perméabilité de l'obstacle. Rôle du vent sur la nutrition de la plante : répartition de l'humus. Les formes biologiques	78
b) <i>Le vent et le sable</i> . — Triage. Charge. Dépôt. Modelage.....	83
c) <i>Le sable et l'obstacle</i> . — Organisation épharmonique (adaptationnelle) dans ses rapports avec la dynamique des sables. Types offensif, prohibitif, défensif. Leur répercussion sur la dynamique de la dune : les édifiatrices et les stabilisatrices. Les types mixtes : la plasticité épharmonique ; cas du <i>Pancreatium maritimum</i>	86
<i>Conclusions</i>	95

Aucun travail d'ensemble n'a été fait sur les dunes du Golfe du Lion. Cela est vraisemblablement dû aux conditions spéciales de leur évolution, car nos montilles dépassent rarement 10 mètres de hauteur (Espiguette, Terre-Neuve).

Nous avons vu la part qui revient aux dunes dans l'évolution verticale du lido. Nous devons étudier maintenant leur formation, leur conservation et leur destruction, intimément liées aux phénomènes souterrains et aériens de végétation.

Les facteurs auxquels sont subordonnées les manifestations diverses de la « vie » des dunes constituent un véritable « trinôme dynamique » ; le vent, le sable et l'obstacle sont en effet solidaires dans toutes les phases de l'évolution des dunes. La suppression de l'un d'entr'eux aboutit à un arrêt dans cette évolution. Aux périodes d'accalmie de l'atmosphère correspond une période de repos pour la dune ; les lidos pauvres en sable ont un relief monotone et réduit (Roussillon) ; quand la végétation fait défaut (pointe de Beauduc) c'est la plage immense et nue, modelée par place au gré des vents, comme un Erg désertique. Il convient donc d'établir la part qui revient à chacun des éléments constitutifs de ce trinôme ; l'un d'eux, l'obstacle, devra retenir tout particulièrement notre attention en raison de son caractère organique et, par là-même, de toutes les suggestions d'ordre biologique et sociologique auxquelles il peut donner lieu.

Nous étudierons en premier lieu le sable qui, dans l'édification des dunes, constitue la masse inorganique ; puis, le vent qui transporte ce matériel et enfin l'obstacle qui l'arrête, l'accumule ou le fixe.

I. LE SABLE

Le sable est rejeté par la mer soit sur le continent, soit en avant (nerfs). Nous avons vu les rapports de ce phénomène avec la formation et l'évolution de l'appareil littoral. Nous allons maintenant envisager ce substratum au point de vue de sa constitution propre, afin de mettre en relief les caractères spéciaux qui influent sur la végétation.

Structure. — Les sables du Golfe du Lion dérivent tantôt de roches dures (Alpes, Pyrénées, bancs de roches sous-marins, etc.), tantôt de roches tendres (certaines falaises pliocènes, drainage des plaines quaternaires, érosion des marnes permienes, etc...). Sur le lido, les efforts mécaniques des fleuves et de la mer, aboutissent à des structures très variables : galets ; graviers ; sols sablonneux ou psammitiques ; sols argilo-sablonneux ou pélopsammitiques, etc... Ces derniers sont les plus rares : on les trouve sur la côte du Golfe de Fos où ils constituent des affleurements sur la plage du Galéjon et à l'Ouest des dunes de Terre-Neuve (Saint-Roman).

La formation des dunes dépend pour une large part des proportions relatives de ces divers éléments. Les océanographes se placent volontiers au point de vue de ces proportions et leur classification des grèves est basée sur leur homogénéité relative. Ils distinguent en effet les sables homogènes contenant au moins 80 % de grains de même grosseur et les sables mélangés dans lesquels la proportion des grains isomorphes est inférieure à 80 %. Appliquant ces données au littoral du Golfe du Lion, nous serons amenés à distinguer deux régions : celle de Roussillon

où l'ensemble de l'appareil dunal est très hétérogène et celle du Languedoc et de Camargue à éléments plus homogènes.

Constitution minéralogique. — On peut dire que tout est à faire sur la constitution minéralogique du lido. On possède quelques renseignements qualitatifs mais la répartition des roches et leur pourcentage restent à connaître. On sait pourtant le grand intérêt que la résolution de ce problème pourrait avoir dans la recherche des courants.

Voici les débris de roche les plus fréquents que l'on rencontre sur notre lido d'après Ch. Martins [a-1874].

Variolites, serpentines, porphyres rouges, verts, rubanés. Ces roches se trouvent assez abondamment répandues entre le Grau du Roi et Cette.

Serpentine avec diallage. Maguelone. Aresquiés. Morin.

Quartzites blonds. Entre Carnon et Maguelone.

— *verdâtres petro-siliceux.* Maguelone. Aresquiés.

— *blancs, jaunes.* Maguelone. Aresquiés.

Silex blancs. Entre Carnon et Palavas.

— *rouges, bruns.* Ouest Maguelone.

Protogynes. Palavas. Ouest Maguelone.

Schistes noirs veinés de calcaire (spath). Ouest Maguelone.

— *rouges siliceux.* Ouest Maguelone.

— *argileux.* Aresquiés.

Grès, Poudingues roses. Ouest Maguelone.

Roches amygdaloïdes volcaniques ; argiles cuites ; laves volcaniques ; ponces volcaniques. Entre Maguelone et Cette et surtout aux abords des Aresquiés.

Analyses chimiques et physiques. — M. Lagatu a bien voulu nous autoriser à publier les résultats de ses recherches sur quelques points du Lido ; nous l'en remercions bien vivement.

Des analyses faites par M. Raynaud, chef des travaux à la Faculté des Sciences de Montpellier, sur les sables que nous lui avons soumis, on peut conclure qu'entre Cette et le Grau du Roi, le chlorure de sodium ne dépasse pas 0.0002 % dans les dunes tandis que le calcaire y atteint 25 et 30 %.

Sous le rapport de ces deux éléments importants, nos dunes

ne se distinguent pas de celles des autres régions de la France ni de celles de Belgique. Le calcaire y est surtout d'origine organique.

La silice paraît également assez abondante dans le sable du lido. Tous les auteurs qui ont étudié le sol de Camargue, Gascogne notamment [54 bis 1898], sont unanimes à reconnaître qu'il peut favoriser l'installation des plantes calcifuges. Mais nous pensons qu'il faut pour cela une décalcification préalable, comme nous le montrerons ultérieurement (III^e Partie).

Tableau A. — **Analyses chimiques des sables du lido de Ville-roy (entre Cette et les Onglous. — (Lagatu).**

Echantillons	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.
Azote	0.58	0.35	0.64	0.45	0.30	0.13	0.30	0.29	0.25	0.17
Ac. phosph.	0.78	0.68	0.67	0.53	0.48	0.46	0.70	0.61	0.56	0.39
Potasse	0.49	0.72	0.52	0.57	0.38	0.46	0.43	0.48	0.41	0.45
Chaux (du calcaire)	109.30	130.60	58.8	55.72	103.32	94.64	105.	94.75	100.63	115.08
Magnésie	1.51	2.29	1.46	2.72	2.12	1.57	5.11	1.93	1.48	1.67
Fer	6.94	6.72	7.84	7.84	7.62	6.72	7.62	7.17	7.62	7.62

N. B. — Les résultats se rapportent à une « terre complète ». Ils valent ici pour les mêmes « terres fines » c. à d. débarassées des cailloux et du gravier. Ils expriment les proportions pour mille.

Tableau B. — Analyses physiques des sables du lido de Villeroy
(entre Cette et les Onglous).

(Les échantillons analysés sont les mêmes que ceux du tableau A) (Lagatu).

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	Moyennes
Cailloux (1)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Graviers (2)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
a) Sable grossier total	938.7	923.5	922.	940.6	948.7	987.6	943.	967.5	971.1	964.7	950.74
Calcaire (4)	175.	200.2	92.5	86.	174.	165.	175.5	161.	168.	188.	158.52
Siliceux	744.6	700.7	820.4	846.4	759.6	811.	754.9	792.5	790.5	763.2	778.40
Autre (5)	10.9	16.9	1.1	1.2	8.3	5.	6.	7.1	5.7	7.7	6.99
Débruits organiques	8.2	5.7	8.	7.	6.8	6.6	6.6	6.9	6.9	5.8	6.75
b) Sable fin total	56.7	67.2	71.7	46.9	49.5	11.5	53.8	29.5	25.5	32.1	44.44
Calcaire (4)	20.2	33.	12.5	13.5	10.5	4.	12.	8.2	11.7	17.5	14.31
Siliceux	27.4	27.4	52.7	29.5	36.5	5.8	38.7	20.2	11.5	13.	26.27
Autre (5)	9.1	6.8	6.5	3.9	2.5	1.7	3.1	1.1	2.3	1.6	3.86
Débris organiques											
c) Argile totale	3.6	4.9	3.8	8.9	0.3	0.	1.4	2.2	1.9	2.2	2.92
d) Humus total	1.	4.4	2.5	3.6	1.5	0.9	1.8	0.8	1.5	1.	1.90

1. Partie de la terre n passant pas à travers un tamis à mailles carrées de 1/2 cent. de côté.
2. Partie de la terre passant à travers un tamis à mailles carrées de 1/2 cent. de côté, mais ne passant pas à travers un tamis ayant 100 fils par centimètre.
3. Partie de la terre passant à travers un tamis ayant 10 fils par centimètre.
4. Dosé d'après la chaux soluble à froid dans l'acide nitrique.
5. Partie non calcaire soluble à froid dans l'acide nitrique (Carb. de Mg., une partie des oxydes et des hydrates de fer etc...)

Tableau C. — Analyse de M. Gastine. — Cordons littoraux attéris. — (Camargue).

o/o de terre sèche.	Vignobles des Sables.	Montille inculte.
Azote	0.068	0.025
Ac. phosph.	0.104	0.077
Ac. sulf.	»	»
Potasse soluble	} 0.094	} 0.060
Potasse inattaquable		
Soude	0.038	0.048
Magnésie	0.587	0.0547
Co ³ Ca	19.80	21.41
Al ² O ³	12.92	} 20,2
Oxyde de fer	15.58	
Chlore	»	»
Silicates	74.82	74.468

Humidité des sables dans la dune. — Les avis ont été partagés pendant longtemps au sujet de la présence de l'eau dans les dunes. Tous les auteurs (1) sont d'accord aujourd'hui : la dessiccation de la dune n'est vraiment réalisée qu'au voisinage de la surface et sur une profondeur variable avec la répartition des pluies dans le temps, la quantité d'eau tombée et la température. Les caravanes suivent les déserts de sable (Erg) de préférence aux déserts de pierres (Hamada) et, sur notre littoral, il est souvent plus aisé de trouver de l'eau douce dans les dunes (Sable) que dans la Crau (cailloux roulés).

La faune des dunes, en contact presque constant avec la surface même des sables, aura des caractères xérophiles.

Les plantes vivaces sont rapidement en contact avec le « noyau humide » par leurs organes souterrains : leurs caractères xérophiles sont dus à l'atmosphère (intensité des vents, ou parfois salinité ; ex. : brouillards salés de Camargue).

Les végétaux indicateurs d'eau douce sont néanmoins assez

(1) M. Astre (1920) écrit : « Au point de vue botanique la dune maritime est caractérisée d'abord par sa salinité, ensuite par sa possibilité de dessiccation : il y aura donc une flore halophile et une flore xérophile ». Nous démontrerons au cours de cette étude que la flore des dunes adultes n'est en aucun cas halophile. Quant à la possibilité de dessiccation elle n'est jamais très profonde dans les dunes.

rare parce que la masse interne des dunes n'est qu'exceptionnellement assez riche en eau douce pour que les plantes très hygrophiles puissent s'y installer. Il n'est question ici, bien entendu, que de la dune elle-même et non des dépressions dues à l'érosion éolienne et dont nous étudierons plus loin la végétation. Deux plantes indicatrices des nappes aquifères riches existent sur le lido actuel : le *Spartina versicolor* et le *Typha angustifolia*. Les lieux d'élection de ces plantes, reconnus par MM. Flahault et Combres dès 1894 [a. 1894] sont les bords de « quelques dépressions éparses au milieu des baisses ou des dunes » qui recueillent les eaux de pluie « d'une manière à peu près permanente ». Or, on rencontre parfois le *Spartina versicolor* sur les dunes entre Agde et le Grau du Roi et le *Typha angustifolia*, beaucoup plus rarement, entre le Grau du Roi et l'Espiguette.

Nous ne discuterons pas ici sur la manière dont circule l'eau à travers les dunes : les faits sont établis dans leurs grandes lignes par les travaux de Spring, de Schimmer, de Biot, de Deveaux, etc... Nous voulons seulement retenir certains résultats importants à l'égard de notre végétation psammophile méditerranéenne.

La densité de l'eau douce étant plus faible que celle de l'eau salée, il existe en réalité deux nappes d'eau souterraines entre la mer et les étangs, la plus profonde étant chlorurée, la supérieure provenant des infiltrations pluviales à travers le lido. Au contact, c'est une nappe saumâtre que les agriculteurs évitent d'atteindre. La nappe d'eau douce suit, à des distances variables, les dénivellations du lido, imprégnant notamment la masse interne des dunes.

Un deuxième résultat intéresse particulièrement les dunes du Golfe du Lion. « Si la surface du sable n'est pas horizontale, la pression hydrostatique de l'eau qui imbibe le sable mouillé est plus élevée au fond des dépressions de la surface sableuse..., si bien qu'une colonne d'écoulement se forme bientôt à cet endroit. Dès qu'elle est formée, elle draine vers elle, par un véritable phénomène de siphonement, l'eau qui continue à tomber sur le sable avoisinant... Toute l'eau qui tombe s'en va dans la profondeur » [Deveaux, 1913]. Ces faits s'observent à chaque

pas, à la surface chaotique de nos dunes. Autour du Golfe du Lion, les dunes formant une surface plane sont rares en raison du régime des vents ; néanmoins on en trouve en Roussillon, en arrière des dunes à sable fin en voie d'édification. Mais dans l'ensemble, on peut dire que le chaos des dunes de notre golfe est un des plus sûrs garants de leur teneur appréciable en eau.

Les résultats précédents ne valent que pour une profondeur de sable assez considérable ($\geq 1^m$). Mais il arrive souvent que sur le lido, aux endroits où les dunes ne sont pas encore établies (graus récemment formés, souillères...), la couche de sable au-dessus du sous-sol ne dépasse guère $0^m 40$. D'après les observations faites par MM. Robert et Thouze (1), directeurs des services agricoles à la Compagnie des salins du Midi, il convient de distinguer deux cas suivant que le sous-sol est perméable ou imperméable.

Dans le premier cas, l'eau douce forme encore sa nappe au-dessus de l'eau salée, ou tout au moins un mélange saumâtre avec elle : le salant peut apparaître dans ces régions.

Mais le sous-sol est parfois formé de particules très fines (plus ou moins argileuses) qui établissent un régime particulier dans le mouvement des eaux grâce à leur pouvoir absorbant considérable, à leur capillarité élevée. Des exemples peuvent en être donnés à l'Est d'Aigues-Mortes sur le lido ancien du Bourguidou où des sondages ont rencontré un sous-sol de nature argileuse, et au Nord-Ouest de la Montagne de Cette où plongent les assises plus ou moins imperméables de l'Helvétien. Dans ces régions on est frappé de rencontrer des sortes d'îlots de végétation non halophile au milieu d'un ensemble halophile. Cela provient des dénivellations de la surface des couches imperméables. Comme le montre le croquis ci-après (fig. 4), l'eau douce glisse le long des pentes du sous-sol et forme un tampon anti-capillaire qui protège le sol de la montée du salant.

Les débats sont encore engagés sur les rapports de l'eau avec la fonction d'absorption de la racine. L'osmose domine le pro-

(1) A qui nous adressons ici nos remerciements pour les communications verbales qu'ils ont bien voulu nous faire.

blème qui se complique ici de la salinité de l'atmosphère (1), et pour lequel on n'a pas encore donné de démonstration rigoureuse. Dans l'état actuel de nos connaissances, nous n'affirmerons point que la dune constitue un milieu « physiologiquement sec, c'est-à-dire dans lequel les poils radicaux ont de la peine à absorber l'eau ». [Massart, 1908, p. 284].



Fig. 4. — Répartition du Salant sur un sous-sol imperméable.
S = sable fins. — D = eau douce. — I = couche imperméable salée.

Cela ne veut d'ailleurs pas dire que la quantité d'eau mise à la disposition des plantes puisse être absorbée par elles avec prodigalité. Les périodes de sécheresse atmosphérique sont prolongées sur notre littoral, entre les pluies de printemps et celles d'automne. Le noyau humide de la masse des dunes diminue sensiblement pendant cette période qui deviendrait critique pour les végétaux s'ils ne réagissaient suivant les modalités connues de la xérophilie. Toutefois les courants de l'atmosphère, si desséchants sur notre littoral méditerranéen lorsqu'ils viennent du continent, interviennent dans ces réactions pour une part *au moins aussi grande* que celle qui revient aux caractères spéciaux du sol.

Le vent demeure encore sous ces divers rapports, comme un facteur fondamental de la biologie de nos dunes, en contribuant par le facies chaotique qu'il leur imprime, à accumuler l'eau des pluies dans leur profondeur, et en accentuant les réactions xérophiles de la végétation.

Conclusions. — Ces données sur le sol de notre lido méditerranéen sont encore bien incomplètes. Il reste beaucoup à

(1) Les brouillards salés entravent la germination des spores de mildew en Camargue.

faire pour en connaître la structure, la composition chimique, l'origine et la destinée. Nous le déplorons d'autant plus que le sol nous apparaît, sur le littoral dénudé du Golfe du Lion, comme un élément capable d'apporter des modifications importantes dans la composition floristique.

Nous n'avons pas à nous étendre longuement en effet sur des données climatiques qui sont communes aux plantes de la garrigue : c'est le climat méditerranéen qui conditionne aussi bien les chaméphytes ensoleillés du lido et de la garrigue : l'influence régularisatrice de la Méditerranée se fait sentir des Cévennes à la mer sur les rebords peu étendus de sa cuvette.

Nous n'avons pas davantage à envisager l'influence de la végétation de nos dunes sur le climat : les phanérophytes, qui sont susceptibles d'agir sur les conditions générales du climat lorsqu'ils sont groupés en masses importantes, font pratiquement défaut (à cet égard du moins) (1) sur tout le littoral du Golfe du Lion. Rarement quelques bouquets de Pins mal respectés des baigneurs ou sapés à la base par les viticulteurs, surgissent d'une végétation rabougrie et leurs réactions sur l'atmosphère sont insignifiantes.

C'est pour cela que les moindres variations dans la composition du tapis végétal sont dues presque exclusivement aux transformations du sol. Au point de vue chimique, le calcaire domine dans l'ensemble de nos dunes. Les Pyrénées et les Alpes influent sans doute, dans une large mesure par les apports de roches siliceuses qui en émanent, mais il y a toujours suffisamment de calcaire organique pour les calcicoles et nous n'avons jamais rencontré de calcifuge *sur les dunes* les plus proches de la mer, même sur la plage d'Argelès si voisine des Pyrénées.

Au point de vue physique la structure varie dans des proportions qui peuvent intéresser la végétation des dunes ; mais, en définitive, le caractère du sable dont l'influence prédomine de beaucoup dans la répartition des végétaux de l'appareil dunal, c'est sa mobilité.

(1) Nous verrons plus loin qu'il n'en est pas de même au point de vue de la sociologie végétale.

II. LE VENT

« On ne peut trouver trop paradoxale l'assertion de Dove, surtout quand on la rapporte à la Méditerranée, à savoir : qu'il n'y a en réalité que deux sortes de vents, ceux du Nord et ceux du Sud, tous les autres n'étant que des dérivés de ces directions principales. » [Viguié 1884]. Nous ne discuterons pas cette opinion au point de vue météorologique. Mais, considérant seulement la topographie de nos dunes, nous constatons qu'elle est dominée par ces deux grands courants aériens. Sur le littoral du Golfe du Lion une lutte perpétuelle s'engage entre les *vents du large* (venant des directions Sud) et les *vents de terre* (venant des directions Nord). Les vents de terre sont dénommés : Tramontane (N et N-N-W), Mistral (N-W), Cers (N-W). La durée de leur action varie, suivant les années de 150 à 200 jours et parfois davantage. Ils sont répartis surtout de Novembre à Mars.

Les vents du large comprennent : le Grec (S-E) (1) ; le vent d'Espagne, Garbin ou Albé (S-W) ; le Marin (S). Ils soufflent en moyenne 100 jours par an, répartis surtout au printemps (Avril, Mai) et vers le début de l'automne (Août, Septembre).

Les données « moyennes » de ces vents ne fournissent pas de renseignements précis sur leur mode d'action. Un vent de 20 mètres détruit la dune. Vers 10 mètres, c'est au contraire l'édification optima. De plus, un vent de x mètres aura une influence d'autant plus grande qu'il soufflera plus longtemps.

(1) Parfois généralisé par les indigènes au vent d'Est.

Aussi avons nous donné en annexes (ann. I, II, III) le tableau détaillé des vents dominants et de leur intensité pendant les 10 dernières années (1911-1922) (1). Ces résultats sont sans doute partiels, mais ils sont de beaucoup les plus intéressants parce qu'ils se rapportent au littoral du département de l'Hérault perpendiculaire aux directions dominantes des vents (Mistral et Marin).

III. L'OBSTACLE

L'évolution des dunes du Golfe du Lion est caractérisée dans son ensemble par un fait saillant qui réside dans la nature spéciale de l'obstacle auquel se heurtent les sables. Cet obstacle est vivant : c'est la plante. Nous n'assistons donc pas sur notre littoral à la formation de dunes entièrement dénudées. Sous ce rapport, on peut considérer en France deux types d'évolution des dunes :

Le *type atlantique* : dunes très élevées sans végétation (D. du Pilat dans les Landes).

Le *type méditerranéen* : dunes basses à végétation clairsemée.

En France, le premier type caractérise les côtes de Gascogne. Il n'est pas lié, comme on pourrait le croire à l'absence ou à la présence des étangs qui séparent le cordon littoral du continent ; car il existe des dunes très hautes et nues sur les « flèches » de

(1) Nous en remercions M. Petit, chef des travaux de météorologie à l'Ecole d'agriculture de Montpellier.

Gascogne, alors que ces dunes demeurent basses et couvertes de végétation sur les « espiguettes » de Camargue (qui correspondent aux flèches de Gascogne) et en avant de nos étangs languedociens sur un lido comparable aussi aux flèches de Gascogne.

Le deuxième type existe sur la côte méditerranéenne française.

Il est difficile de se faire une opinion sur les autres régions littorales de la France parce que ces régions n'ont été guère visitées que par des botanistes récoltants et n'ont été jusqu'ici l'objet d'aucun travail phytogéographique basé sur la dynamique. De sorte que nous nous trouvons en présence d'études toujours incomplètes. Même dans les travaux remarquables de MM. Harlé [1919] on a l'impression très nette que le vent et le sable sont les facteurs primordiaux de l'évolution des dunes dont les plantes seraient en quelque sorte des parasites n'ayant pas de répercussion sur leur morphologie.

Il semble cependant qu'il existe un *type mixte*, relevant à la fois de l'évolution atlantique et de l'évolution méditerranéenne, dans le Boulonnais où les « sables blancs » et les « crocs » placés en bordure de la mer et soumis à l'action des vents correspondraient aux dunes des flèches du bassin d'Arcachon, tandis que les « sables gris » fixés par l'Oyat (*Ammophila arenaria* Link.) relèveraient de la même évolution que nos dunes méditerranéennes.

Il est certain que l'évolution des dunes nues et celle des dunes couvertes ne sauraient être comparables : c'est ainsi que la parabolisation, si fréquente en Gascogne, est exceptionnelle sur les rivages de la Méditerranée (Voir Chap. III, 2^e Partie).

Les deux modes d'évolution des dunes françaises se retrouvent d'ailleurs hors de France. Le type atlantique existe en Portugal, sur les côtes océaniques d'Espagne, au Maroc ; vers le Nord il se poursuit à l'Est de Dunkerque, sur les rives de la Baltique, de la mer du Nord, où la parabolisation n'est pas rare. Le type méditerranéen s'étend sur toutes les côtes algériennes, tunisiennes, en Italie, etc... et paraît général à toute la Méditerranée.

On voit par là le rôle important que joue la végétation dans la dynamique des dunes méditerranéennes.

Nous pouvons cependant nous faire une idée de ce que seraient nos rivages si la végétation psammophile ne s'y développait pas. Il existe parfois en effet, sur les plages larges, des amoncellements de sable sur lesquels on peut rencontrer de loin en loin, le *Cakile maritima* et le *Salsola Kali*, mais qui, plus souvent, ne possèdent aucune végétation. Ces monticules toujours affaissés, ne dépassent guère 1^m de hauteur et forment sur les plages des ondulations très larges. Nous les désignerons, dans la présente étude, sous le nom de « dunes de plage » (phot. 1) pour les distinguer de l'appareil dunal dont elles diffèrent essentiellement par la nature de l'obstacle qui favorise leur édification : celui-ci se réduit en effet au simple frottement des grains de sable les uns sur les autres. Leur trinome dynamique est constitué par le vent, le sable et le frottement : de là leurs formes ondulées, larges et surtout très variables. Elles peuvent être comparées aux dunes du type atlantique par leur origine, mais elles en diffèrent par leur caractère toujours transitoire.

Sur la plage des Saintes-Maries (phot. n° 1) elles se forment parfois en quarante-huit heures pour disparaître complètement quelques jours après. Ailleurs elles paraissent plus durables (Espiguette, entre le phare et la mer), mais leur forme change constamment suivant les vents. Le mistral a bien vite fait, suivant l'orientation de la côte, de rejeter ces dunes de plage à la mer (phot. n° 1) ou de les niveler par un balayage tout le long de la côte.

Elles n'ont d'intérêt phytogéographique que dans la part très indirecte qui leur revient dans l'ensevelissement des végétaux, car nous pouvons les considérer à cet égard comme une réserve pour l'alimentation en sable du cordon dunal permanent.

Nous ne nous occuperons pas, dans cet essai de phytogéographie, des obstacles inertes tels que falaises, habitations. Ils n'agissent que très localement sur la répartition des dunes dont ils entravent la formation en créant en avant d'eux une zone de remous qui rejette les sables en un bourrelet plus ou moins saillant. De semblables remous existent tout le long de la falaise de Leucate (fig. 5). Au grau intermittent du Grazel (Gruissan) ils réalisent les effets les plus pittoresques en avant des cabanes sur pilotis.

* * *

La nature vivante de l'obstacle nous impose de rechercher dans quelles conditions il peut s'établir spontanément sur notre lido. Nous aurons à considérer sous ce rapport la stabilisation des semences et la fixation de la plantule.

Stabilisation des semences. — La sociabilité d'une espèce, qui se traduit en définitive par sa surface couvrante, résulte en premier lieu de la conformation de l'appareil végétatif (touffes, coussinets, rhizomes, stolons, etc...). Une telle sociabilité a pour point de départ l'individu ; elle est surtout qualitative.

Une autre sociabilité relève du groupement plus ou moins

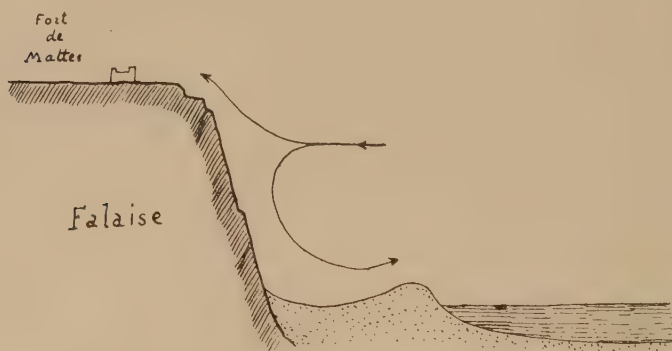


Fig. 5. — Barcarès de Leucate. — Rôle de la falaise sur les vents du large.

compact des individus eux-mêmes. Elle résulte d'une collectivité qui dépend, dans les dunes surtout, du mode de dissémination des graines.

Les Euphorbes de nos dunes (*E. Paralias* et *E. Peplis*) sont tout à fait significatives à cet égard. Leurs graines, très finement verruqueuses peuvent être considérées, pratiquement, comme lisses : elles roulent avec une extrême facilité sur les sables. S'il ne fait pas de vent, le simple jeu de la pesanteur établit une zone d'ensemencement d'Euphorbes au pied de la dune. C'est ainsi que dans les larges cordons de dunes aux environs du Grau-du-Roi, où les couloirs d'érosion (Mistral) sont fréquents,

les jeunes semis d'*Euphorbia Paralias* marquent d'un cordon vert ou rouge le fond des dépressions. C'est ainsi également que l'*Euphorbia Peplis* se trouve fréquemment réparti au pied des dunes sur la plage même.

Cette action de la pesanteur est généralement troublée par celle du vent qui reporte sans cesse les semences du pied de la dune vers son sommet. On trouve souvent, sur la dune même, dans des excavations pas plus grandes que le creux de la

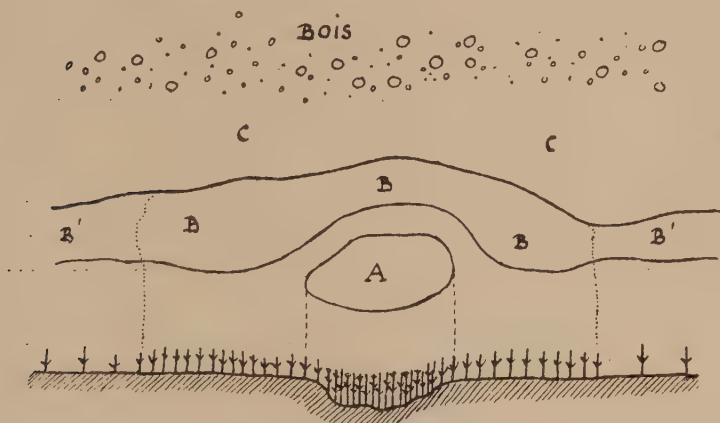


Fig. 6.

- A. *Salsola Kali* — densité 8 : 10 ; jeunes plantules (10 cm) 50 cm × 50 cm.
 B. *Xanthium macrocarpum* - d = 6 : 10 ; plantules 12-15 cm 4 m × 50cm.
 B. » » d = 2 : 10
 C. *Agropyrum junceum* en prairie compacte (9 : 10) avec quelques touffes d'*Ammophila arenaria*.

main (1), des amas de graines d'*Euphorbia Paralias* et tout autour, souvent à plusieurs mètres, les coques déhiscentes du fruit, retenues par les végétaux environnants. Le vent a isolé les graines de leur enveloppe plus légère. Ces phénomènes naturels sont parfois réalisés en grand par l'homme dans les plantations de certaines essences ligneuses ; ils constituent spontanément sur nos dunes le « semis par potets » des forestiers.

(1) Observ. aux Onglous (Ouest de Cette) le 24^e juillet 1920.

C'est parfois sur de grandes surfaces que l'on peut constater les résultats du triage éolien suivant la densité des semences. Le croquis n° 6 relevé entre le bois de la Tamarissière (grau d'Agde) et la plage montre un exemple typique de cette sociabilité par semis.

Les produits du balayage ne s'accumulent pas seulement dans les dépressions. Ils se heurtent aussi aux obstacles érigés. Lorsqu'on soulève une touffe de *Cakile maritima*, par exemple, on trouve au-dessous d'elle une très grande quantité de graines de toutes sortes (1). Une fois mortes et desséchées les souches sont emportées par les vents. Tout ce qu'elles abritaient et qui n'a pas germé s'envole alors pour se heurter à de nouveaux obstacles. Dans ces conditions, les possibilités de germination, pour certaines semences, sont fonction de la durée des obstacles : les végétaux vivaces, tels que le *Crucianella maritima*, par exemple, abritent une très grande variété d'espèces.

Ainsi, sous l'influence primordiale des vents, le semis par potets spontanés aboutit à l'installation de peuplements purs (2) dont l'étendue généralement faible varie suivant la capacité du potet, alors que les semis effectués à l'abri des obstacles érigés aboutissent à des peuplements mélangés (2) plus étendus.

Fixation de la plantule. — Le réveil de la vie végétale est marqué chez les végétaux supérieurs par un phénomène de dynamisme : la pénétration de la racine dans le sol. C'est un acte important, car sans lui la germination serait nulle dans ses effets et les adaptations ultérieures de la plante ne sauraient se produire. Entre ces deux événements de la vie des plantes, germination et adaptation, qui sont en somme deux réactions, se place la fixation au substratum nourricier. Cette fixation ne

(1) Il est bien rare de ne pas retrouver sur les emplacements de cette plante annuelle, ses jeunes plantules qui prolongent ainsi, au delà des capacités individuelles, la possession du terrain sur un point donné.

(2) Au sens forestier.

paraît pas être un simple géotropisme réactionnel car la radicule orientée possède en elle, pour chaque individu, une énergie limite lui permettant de pénétrer une gamme déterminée (spécifique ?) de structures édaphiques.

La conquête du sol est donc liée à un acte de dynamisme qui prend une très grande valeur partout où les vents soufflent avec violence et modifient la surface du sol à chaque instant. Nous pouvons considérer que les sables des dunes, si meubles soient-ils, constituent l'un des sols dont la radicule a le plus de peine à s'emparer, en raison même des vents.

* * *

En général, la conquête du sol par les plantes supérieures est précédée d'une modification sensible de sa nature, due à des végétaux inférieurs qui agissent mécaniquement en fixant la surface et chimiquement en amorçant les assises de la terre végétale. Rien de semblable sur nos dunes méditerranéennes. La fixation première des sables n'y est jamais due à des cryptogames. D'emblée, des végétaux très différenciés prennent pied avec les adaptations si perfectionnées qu'on leur connaît. On voit par là les difficultés que doivent surmonter les embryons à partir du moment où ils sont placés dans des conditions favorables à la germination : la stabilisation préalable de la graine est un phénomène important dans l'histoire du tapis végétal des dunes, et par là-même dans l'évolution de la dune.

IV. RAPPORTS RÉCIPROQUES DES ÉLÉMENTS CONSTITUTIFS DU TRINÔME DYNAMIQUE.

Nous venons d'étudier les caractères de chacun des facteurs constitutifs du trinôme dynamique. Avant d'aborder l'évolution proprement dite des dunes, exposons les rapports réciproques de ces facteurs.

§ a). *Rapports réciproques du vent et de l'obstacle*

« Il devient de plus en plus difficile, avec les progrès croissants de la climatologie, de se contenter d'une définition purement statique des climats, *même* (1) lorsqu'on se place au point de vue biologique. » Cette conception de M. Sorre [1913, p. 74] s'adapte tout particulièrement aux rivages du Golfe du Lion pour lesquels le facteur climatique vent prend une importance dynamique de premier ordre. Et si l'on songe que le principe de réciprocité de l'action et de la réaction entre le milieu et les êtres organisés joue avec une acuité exceptionnelle sur les

(1) C'est nous qui soulignons.

dunes, on est bien en droit de penser qu' « une définition purement statique des climats » ne saurait être suffisante *surtout* au point de vue biologique.

L'obstacle régularise plus ou moins l'action des vents par sa perméabilité ; les courants atmosphériques agissent directement sur l'obstacle en lui imprimant sa forme biologique et, indirectement, par le rôle qu'ils jouent dans la répartition de l'humus.

Perméabilité de l'obstacle. — Nous distinguerons avec M. Massart [1908 a, p. 268] divers degrés de perméabilité d'après la rigidité des organes aériens : écrans imperméables ; écrans perméables flexibles ; écrans perméables rigides.

Les végétaux imperméables au vent sont rares sur le littoral du Golfe du Lion. Il n'est pas question, bien entendu, des fourrés impénétrables de certains lidos anciens de Camargue, pour lesquels l'imperméabilité n'a de répercussion qu'au point de vue sociologique et non topographique puisque les vents n'y sont point chargés de sable. Nous n'avons jamais rencontré sur nos dunes côtières de plantes imperméables au point d'agir, comme une maçonnerie inerte, en provoquant des remous amont (1). M. Massart signale en Belgique des touffes de *Samolus nigra* assez denses pour provoquer de tels remous.

Humus. — Il n'est pas dans nos intentions d'entreprendre ici une discussion sur les rapports des racines avec ces éléments d'origine organique ensevelis grâce aux vents et qui ont fait l'objet des récents travaux de Wattermann [1919]. Mais il nous est utile de constater que le vent dans les dunes agit à l'égard de tous les débris organiques comme un pulvérisateur d'humus. Qu'on ne s'attende pas, sur le littoral méditerranéen français, à rencontrer en dehors des dunes déjà anciennes et boisées, des plaques d'humus à la surface du sol. Les débris inertes sont ensevelis ou emportés par les bourrasques de vent. La surface est sans cesse balayée et l'on est toujours frappé par la grande propreté des dunes où les menus détritits sont tantôt

(1) Le *versant amont* d'une dune, par rapport à un vent de direction donnée est le versant heurté par le courant. L'autre pente est le *versant aval*, par rapport au même vent.

enterrés tantôt emportés aux étangs ou à la mer. L'humus séquestré dans la dune y est à l'état disséminé et rarement par petits paquets. Il n'y est pas nul : la ligne des épaves qui indique sur la plage les mouvements quotidiens de la mer, entretient la dune en humus par l'intermédiaire des vents du large qui mêlent, suivant leur force, les débris d'Hélobiées, d'algues, de roseaux, etc... au sable mobile. Il y aurait grand intérêt à faire des relevés de ces épaves à toutes époques de l'année et à les comparer aux débris qui se trouvent à l'intérieur des dunes et aux analyses chimiques. On tirerait alors des conclusions plus précises sur le rôle du vent dans la nutrition des végétaux psammophiles, rôle important puisqu'il se traduit par une répartition de l'azote sensiblement différente de celle des terrains stabilisés : c'est une grande différence entre les dunes boisées et les dunes à chaméphytes clairsemés. De plus, le vent a une action mécanique très réduite sur la topographie des premières en raison de la couche parfois très épaisse d'humus (20 cm.-30 cm) particulièrement riche, sur notre littoral, en aiguilles de Pin que le vent ne balaye plus.

Formes biologiques. — Le vent ne se contente pas de répartir les semences comme nous venons de l'exposer, ni de mettre à la disposition des racines, une partie de leurs aliments azotés. Il influe encore d'une façon profonde sur l'appareil végétatif : la xérophilie est chose connue ; elle a été étudiée notamment chez les végétaux littoraux ; nous n'aurions rien à ajouter à cet égard. Nous voulons simplement noter l'influence du vent sur le spectre (1) et la forme biologiques afin de lever, autant que possible, un malentendu qui persiste dans les flores.

Sous ce rapport, les dates auxquelles remonte l'élaboration des flores locales intéressant les rivages du Golfe du Lion ne seront pas sans intérêt ; elles remontent en effet à l'époque où la botanique était fraîchement imprégnée des conceptions analytiques de Jordan (2) sur l'espèce.

Nous plaçant seulement au point de vue de la phytogéogra-

(1) Au sens de Raunkiaer.

(2) *Diagnoses d'espèces nouvelles*. Jordan ; Paris 1864.

phie dans ses méthodes actuelles, nous ne pouvons passer sous silence les abus que les disciples de Jordan, même les plus fervents, ont fait de sa doctrine (1). Nous avons parcouru sans idées préconçues les rivages des Pyrénées-Orientales, et nous nous sommes rendu compte que l'influence des facteurs climatiques avait trop souvent échappé à ceux qui ont dressé de simples listes floristiques. Parmi ces facteurs il en est un pourtant qui a une importance capitale en Roussillon, c'est la Tramontane. Son influence est tellement accusée que les végétaux du littoral y prennent le port des plantes de certains cols particulièrement ventés de nos Cévennes méridionales. Les phénomènes de nanisme, d'étalement, les formes en coussinet, la faible densité de la population végétale sont autant d'indices flagrants des actions violentes exercées par le vent.

James Lloyd [1898, p. LVI] a bien entrevu cette notion de la forme biologique, sur le littoral de la Loire-Inférieure : « Trompé par ce changement de port, le botaniste de l'intérieur est généralement tenté de voir dans ces végétaux rabougris et velus, à feuilles charnues et quelquefois salées, des espèces ou des variétés nouvelles. Plusieurs de ces formes ont été distinguées sous les noms de *var. maritima*, *nana*, *uniflora*, *carnosa*, *succulenta*, *salina*, mais toutes les plantes de l'intérieur pourraient avec autant de droit avoir leur variété maritime, car toutes se modifient en approchant de la mer ».

C'est évidemment là, la condamnation des espèces littorales créées par les disciples de Jordan, et notamment par Debeaux lui-même malgré la notion qu'il avait entrevue de l'influence du milieu sur les espèces. Mais nous pensons que James Lloyd a par trop exagéré au contraire les influences maritimes en les généralisant à toutes les espèces de l'intérieur. Il y en a en effet qui ne subissent aucune modification en se rapprochant de la mer : *Hypochoeris radicata*, *Picridium vulgare*, *Coris monspeliensis*, *Clematis flammula* (2), etc... D'autres végétaux paraissent au contraire prendre leur forme de nanisme hors des rivages : *Phleum arenarium*.

(1) Debeaux, 1878, p. 8.

(2) Dont la variation *maritima* n'est pas en rapport avec le littoral où nous ne l'avons jamais rencontrée.

Il demeure acquis aujourd'hui qu'il y a place pour des hypothèses moins intransigeantes et que si les variations de l'appareil végétatif en rapport avec les changements de milieux ne doivent être interprétées ni comme des espèces nouvelles ni comme des variétés, elles marquent des formes biologiques susceptibles de se perpétuer par voie héréditaire *dans le même milieu* (*Scrofularia canina* sous sa forme *humifusa*) en Roussillon.

Retenons pour l'instant que si les répercussions des erreurs commises à ce point de vue ne sont pas particulièrement graves en matière de flore, elles peuvent être cependant considérables en phytogéographie car elles altèrent de façon singulière le coefficient générique et l'écologie, en voilant la véritable signification du spectre biologique, car certaines plantes normalement érigées, telles que le *Scrofularia canina*, prennent une forme complètement étalée (*humifusa*) et passent ainsi de la catégorie des nanophanérophytes ou des chaméphytes dans celle des hémicryptophytes.

Les mêmes floristes qui ont négligé l'influence du milieu ou ne l'ont pas comprise ont été naturellement victimes par ailleurs de leur méprise : nulle part, dans les flores, les stations véritables ne sont indiquées avec la précision qu'exige aujourd'hui la phytogéographie (4). Il est absolument nécessaire de faire la part des plantes spécialisées à un milieu donné et celle des plantes qui s'accommodent de stations multiples. Si la valeur dynamique des facteurs climatiques était rigoureusement conçue des floristes, ils tiendraient compte de cette notion et feraient une distinction entre le *Jasione montana* et le *Pancratium maritimum*, au point de vue stationnel. Ils voisinent il est vrai sur les côtes du Roussillon mais ils ont une origine géographique (une aire) bien différente. C'est qu'en effet les vents de terre interviennent dans la répartition de la flore des dunes, non seulement en agissant sur les semences des plantes

(4) Toutes nos flores sont à refaire sur des bases nouvelles : dans leur état actuel elles servent exclusivement à la détermination des espèces. Il est également désirable que les botanistes récoltants, constituent des herbiers phytogéographiques : un renseignement biologique a plus de portée qu'un bel échantillon...

spécialisées au mode de vie dans les dunes, mais aussi en y important un cortège d'espèces continentales, qui donne plus d'ampleur et de variété au tapis végétal. (voir 3^e Partie).

. * *

Tels sont les rapports réciproques fondamentaux des courants atmosphériques et de la végétation de nos dunes. Nous avons retenu ceux qui sont de nature à nous fournir quelque éclaircissement sur les divers problèmes de phytosociologie que nous aurons à envisager.

Les réactions individuelles ont fait l'objet de travaux nombreux intéressant souvent la végétation psammophile et halophile. Nous n'en parlerons, au cours de nos études, que dans la mesure où elles agissent directement ou indirectement sur l'évolution du tapis végétal.

§ b). **Rapports réciproques du vent et du sable**

Triage. — Indépendamment du rôle mécanique de la mer dans le transport des sables par des marées très faibles, par le jeu des vagues ou par des tempêtes qui la mettent en relation directe avec les étangs, c'est le vent qui demeure l'agent important des variations topographiques du Lido. Or, la mer apporte généralement avec le sable, des éléments plus grossiers et plus lourds sur lesquels le vent n'a aucune prise. Il se produit donc, dès que le vent souffle, un phénomène de triage, les sables étant emportés au loin, les graviers et galets demeurant au contraire sur place.

Ce triage dont l'importance apparaît faiblement sur les plages où les éléments fins dominent, prend une grande valeur partout où les apports de galets sont considérables. On conçoit en

effet une conquête du terrain par la végétation, bien différente suivant que le triage est lent et met en définitive à la disposition des plantes psammophiles un substratum réduit, ou que ces mêmes plantes germent d'emblée sur des sables profonds.

D'autre part la présence de galets est généralement l'indice d'incursions marines. On trouve ces éléments grossiers sur les plages basses, facilement immergées : les plantes qui prennent pied sur le sable trié parmi ces galets, ont vite leurs racines au contact des solutions chlorurées. Sur de telles grèves, les groupements psammophiles sont précédés par une flore halophile qui retient et élève peu à peu le sable trié (phot. 3). Nous verrons sous ce rapport et avec plus de détails, le rôle capital de certaines Salicornes, mais nous pouvons dès à présent prévoir, d'après les résultats du triage éolien, deux groupements originels différents pour les dunes : l'un halophile et l'autre directement psammophile ; mais ils seront parfois impossibles à déceler rigoureusement lorsque, par la suite, les dunes seront arrivées à un stade avancé de leur évolution.

Charge. — Le sable trié est emporté par le vent. On dit alors que le vent *se charge* en sable. La *capacité de charge* du vent a une grande importance par ses répercussions sur la croissance des végétaux. Elle varie avec la vitesse du vent et aussi avec la densité et la quantité des grains. Suivant la vitesse du vent, le sable roule sur le sol sans être soulevé, ou bien s'envole et peut dans ce cas former de véritables courants de sable et même des tourbillons dépassant 10^m de haut (Espiguette). Nous avons cherché à établir les vitesses correspondant à ces diverses manifestations de la cinématique des sables. A cause de la topographie très bouleversée des dunes et pour avoir des résultats comparables, portant sur des sables de même nature, nous avons fait nos observations au même point, à diverses époques de l'année, au centre du grau de Carnon et toujours par Mistral (1).

$1 < v \leq 4^m \dots$ le sable roule.

$4 < v < 15^m \dots$ le sable est en nappe mobile d'épais-

(1) Nous avons employé l'anémomètre Richard.

seur et de débit variables; pour $v = 12^m$ l'épaisseur était de $0^m 20$.

$v > 15^m$ rafales de sables sur le visage; tourbillons.

La quantité de sable mise à la disposition du vent sur un parcours donné est également d'une très grande importance pour l'édification des dunes et par là même pour la biologie de leur tapis végétal. Nos plages sont généralement étroites en raison du peu d'ampleur des marées de la Méditerranée et les mouvements des sables résultent le plus souvent des actions contradictoires des souffles du large et des souffles de terre. Ces faits généraux doivent être complétés en tenant compte de certaines plages, très larges au contraire, sur lesquelles les vents les plus fréquents soufflent parallèlement à la côte, et peuvent acquérir alors une capacité de charge qui dépasse de beaucoup les capacités moyennes du Golfe du Lion. Deux régions sont très instructives à cet égard : l'éperon de l'Espiguette et celui de Beauduc. C'est là qu'on rencontre les dunes les plus hautes.

De sorte que l'on doit considérer en réalité, parmi les actions éoliennes sur le lido, celles qui se font parallèlement à la côte et celles qui s'y font perpendiculairement. Le Mistral pourra agir comme destructeur sur les côtes de l'Hérault dirigées E-W, et comme édificateur sur les côtes de Camargue, toutes les fois qu'elles sont dirigées N-S. Les vents d'Est joueront un rôle spécial sur le cordon dunal languedocien qu'ils prennent en enfilade et les vents du Sud, qui édifient de si belles dunes entre Carnon et Aigues-Mortes, seront sans effet, sous ce rapport, en Roussillon.

Dépôt. — Les vents chargés de sable déposent tôt ou tard leur matériel, soit de leur propre fait, lorsque diminue leur vitesse, soit du fait d'un obstacle qu'ils viennent heurter.

Les trois facteurs nécessaires à l'édification d'une dune entrent alors en jeu simultanément : nous pouvons donc considérer que la dynamique des dunes du Golfe du Lion est la résultante de la lutte incessante entre la végétation et les vents chargés de sable.

Modelage. — Il y aurait lieu de faire l'étude morphologique

des grains de sable sur le lido entre le Rhône et les Pyrénées afin d'établir la part qui revient au vent dans la structure interne des dunes. Les grains qui ont été peu roulés par les vents demeurent anguleux (sable de rivière) ; ceux qui ont subi leur action prolongée sont arrondis et parcheminés. Il ne serait pas étonnant que sous ce rapport il y ait une différence notable entre les sables au sud du Cap Leucate et ceux au Nord-Est de ce cap, plus exposés aux transports éoliens.

§ c). *Action réciproque du sable et de l'obstacle*

Sans entrer dans les détails de la morphologie des végétaux psammophiles, nous nous contenterons d'enregistrer leur rôle dans l'édification de la dune et d'établir parmi eux, une sorte de hiérarchie dynamique.

Sous ce rapport, trois organes fondamentaux sont à considérer : le rhizome, le pivot, les racines adventives. Leurs diverses combinaisons peuvent être groupées autour des types principaux suivants, auxquels nous pourrions rapporter les végétaux de nos dunes méditerranéennes (voir fig. 7) :

- | | |
|---|--|
| I. — Plantes sans pivot. | $\left\{ \begin{array}{l} \text{Rhizomes ou stolons émettant des} \\ \text{organes aériens dressés.} \\ \text{Ex : } \textit{Ammophila arenaria.} \text{ fig. A.} \end{array} \right.$ |
| | |
| II. — Plantes à pivot. | $\left\{ \begin{array}{l} \text{Racines} \\ \text{adventives.} \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} \text{Tiges radicantes étalées dif-} \\ \text{fuses.} \\ \text{Ex. : } \textit{Medicago marina.} \\ \text{fig. B.} \\ \text{Tiges radicantes dressées en} \\ \text{touffes.} \\ \text{Ex. : } \textit{Teucrium Polium.} \\ \text{fig. C.} \\ \text{Tige souterraine dressée : Ex. : } \textit{Echino-} \\ \text{phora spinosa.} \text{ fig. D.} \end{array} \right.$ |
| III. — Plantes à bulbes, — Ex. : <i>Paneratium maritimum.</i> fig. E. | |

Les dispositions des divers organes végétatifs, et surtout, leur mode de croissance, dotent le végétal d'une organisation qui lui permet d'entreprendre plus ou moins efficacement la lutte con-



Fig. 7. — Formes biologiques ; types principaux des Dunes méditerranéennes françaises.

tre les modifications du milieu. Nous considérerons trois types importants de cette organisation. Ces types résultent précisément de l'interprétation dynamique du tableau précédent, vis à vis de l'évolution de la dune.

Organisation offensive

Type Ammophila arenaria. — Les tiges souterraines émettent des organes aériens qui par leur nature érigée constituent un obstacle important ; les organes souterrains (rhizomes et leurs racines adventives) s'emparent du sable au fur et à mesure que les organes aériens l'édifient. Il en résulte un accroissement incessant de la dune. La réaction la plus difficile est la réaction verticale en raison de la rapidité avec laquelle elle doit souvent se manifester. C'est vraisemblablement pour cela que les espèces aptes à créer et à développer une dune à elles seules sont rares. De toutes les plantes de nos dunes, l'*Ammophila arenaria* est la plus apte à accaparer les sables à son profit. Ses rhizomes propagent les racines adventives parmi des aliments sans cesse et rapidement renouvelés ; elle peut à elle seule amener les dunes à leur stade adulte sans le concours d'autres végétaux.

Type Medicago marina. — Il est représenté par des espèces dont les organes aériens peuvent fournir des racines adventives au fur et à mesure qu'ils sont ensevelis, mais sans s'élever verticalement au-dessus du sol. Ce sont des plantes étalées diffuses. Leur pouvoir accumulateur de sable est bien moins élevé que celui des végétaux du type précédent, pour deux raisons principales. D'abord les rhizomes (ou les stolons aussi) ont un accroissement beaucoup plus rapide que les organes aériens. Il est rare de trouver parmi les plantes du type *Medicago marina*, des individus aussi étendus que ceux du type *Ammophila* (1). D'autre part, le type *Ammophila* comporte généralement la morti-

(1) En considérant que tous les rhizomes *en continuité* émanent d'une seule semence et appartiennent au même individu.

fication des parties les plus âgées, ce qui lui donne une certaine indépendance, tandis que les plantes du type *Medicago* demeurent au contraire rivées au point initial de la germination, par un pivot durable dont la mortification entraînerait la mort de l'individu.

Type Anthemis maritima. — En réalité, ce type n'est pas organisé pour l'offensive, mais il peut acquérir cette organisation, suivant les circonstances. Il est constitué par un pivot central surmonté directement d'un buisson érigé. La différenciation d'une tige centrale aérienne est une chose rare dans les sables maritimes mobiles. Le tronc se ramifie presque toujours dès la base en une touffe de tiges secondaires très nombreuses, prêtes à fournir des racines adventives au moindre ensevelissement. Certaines plantes, comme l'*Anthemis maritima*, qui préfèrent sans aucun doute les sables plus ou moins stabilisés aux sables toujours très meubles des pentes maritimes des dunes, peuvent néanmoins résister à des ensevelissements accidentels, par l'élaboration rapide de racines adventives. L'*Anthemis* forme alors des touffes plus étendues et de densité bien moindre, constituées par de jeunes rameaux émergeant ça et là autour d'un pivot central très enfoui.

La racine adventive est ici une défense occasionnelle contre un ensevelissement auquel tout végétal des dunes, bien adapté, doit être paré.

La racine adventive est un moyen de défense de l'individu qui se traduit toujours par une nouvelle accumulation de sable : dans cette mesure, l'*Anthemis* contribue à l'édification de la dune.

Organisation prohibitive

Type Teucrium Polium. — Il se rattache morphologiquement à celui de l'*Anthemis*, mais il n'en a pas la signification dynamique. En effet le *Teucrium Polium* n'existe jamais sur les pentes amont, par rapport aux vents édificateurs. Ainsi, sur le littoral E-W de l'Hérault, sa place n'est pas sur les premières dunes vers la mer, mais en arrière. Il est plus continental, et n'est donc pas en butte aux ensevelissements. Pourtant, sur ces sables stabilisés, l'émission de racines adventives accidentelles chez l'*Anthemis*, devient ici la règle. Autant il est habituel de trouver sur les dunes adultes des touffes d'*Anthemis maritima* non ensevelies, autant il est rare de trouver en arrière de ces dunes une touffe de *Teucrium Polium* qui ne soit pas partiellement enfouie. C'est que la ramification de l'axe caulinaire central de cette espèce émet de très bonne heure et spontanément une nappe très puissante de racines adventives. Il y a là une coïncidence remarquable (est-ce bien une adaptation due au dynamisme de la dune ?) entre pareille organisation et le fait qu'en arrière du premier rideau de dunes littorales, la plante n'a plus à lutter contre l'ensevelissement provoqué par les vents du large ; elle doit plutôt se défendre contre les attaques des vents de terre, toujours violents sur nos côtes. De fait, les vents n'ont pas de prise sur un coussinet aérien compact de *Teucrium*, solidement maintenu au sol par un pivot profond et par une nappe extrêmement fournie de racines adventives entre le pivot et les frondes.

Organisation défensive

Type Ephedra distachya. — Parmi les végétaux qui croissent dans les dunes âgées plus ou moins stabilisées, tous ne sont pas aptes à interdire l'action du vent sur les sables, par un coussinet compact. La densité de la population végétale est généralement faible et les points d'attaque de l'érosion éolienne existent toujours sous forme de surfaces dénudées plus ou moins étendues. Ces surfaces se trouvent surtout sur les pentes : les végétaux qui couronnent la dune finissent par être déchaussés. Seules, peuvent résister à une pareille dégradation du substratum, les plantes à stolons ou les lianes émettant des racines adventives, car chez ces plantes, la mort de la partie déchaussée n'entraîne pas la mort de tout l'individu. On retrouve là les principes qui président à la lutte contre les éboulements en montagne. Les photographies que nous donnons de l'*Ephedra distachya* (Phot. 13) et du *Rumex tingitanus* (Phot. 14) en diront plus long qu'une description à cet égard.

Au point de vue morphologique ces plantes relèvent du type *Ammophila* dans lequel on pourrait englober (morphologiquement toujours) les plantes à stolons. Mais à l'inverse des plantes à rhizomes particulièrement aptes à accumuler les sables, celles-ci sont plus spécialement aptes à lutter contre le déchaussement. L'érosion d'une dune à sa base entraîne fatalement la mort des *Ammophila*, *Agropyrum*, *Sporobolus*, etc... (voir phot. 8). Occasionnellement, l'*Ephedra* résiste aux ensevelissements temporaires ou lents (Carnon, rive gauche).

* * *

Tels sont les divers modes d'organisation qui nous ont paru avoir une signification dynamique importante dans l'ensemble de l'évolution de nos dunes. A l'organisation offensive, permettant à une plante de conquérir les sables et de les accu-

muler à son profit, correspond un pouvoir édificateur variable suivant les types d'organisation : on conçoit qu'il y ait dès lors des plantes édifcatrices de dunes à des degrés très divers. Théoriquement toute plante est édifcatrice parce que tout obstacle est édifcateur. Mais en raison de la valeur organique de l'obstacle dans les dunes du Golfe du Lion, nous ne considérerons comme édifcatrices proprement dites que les plantes réellement dotées de l'organisation offensive, telle que nous l'avons observée et décrite. Toute plante qui se laisse envahir *sans réaction* ne sera donc pas édifcatrice.

Quant aux plantes dotées d'une organisation soit prohibitive soit défensive, elles contribuent, chacune dans la mesure de sa propre adaptation, à empêcher ou à ralentir la destruction du sable accumulé par les édifcatrices.

Nous considérerons donc, en dehors des reboisements très rares actuellement autour du Golfe du Lion, deux groupes de plantes spontanées : les édifcatrices et les stabilisatrices. Vient ensuite la multitude des plantes dont le rôle géodynamique doit être considéré comme pratiquement nul. Ce sont presque toujours des thérophytes ou des plantes à rosette (fig. 7, F) dont la valeur dynamique n'est appréciable que dans la mesure de leur sociabilité. Or, les rosettes sont généralement isolées les unes des autres, dans le tapis végétal clairsemé de nos dunes, et les thérophytes apparaissent généralement pendant la période de calme atmosphérique. Toutes ces plantes temporaires ne peuvent résister ni à un ensevelissement ni à un déchaussement. Elles se maintiennent par des procédés rudimentaires qui assurent en partie leur propre existence mais qui ne prolongent pas le milieu où elles vivent. Une rosette par exemple s'applique très étroitement et parfois avec beaucoup de force contre la surface des dunes, mais il faudrait un nombre considérable de rosettes empiétant les unes sur les autres pour que la dune fût à l'abri des attaques éoliennes. Ce serait là un procédé prohibitif par voie collective qui ne serait plus à négliger dans la dynamique des dunes, mais la concurrence vitale s'oppose ici à de paires densités de la population végétale.

Les divers modes de réaction que nous venons d'étudier,

valent pour des exemples typiques et nettement différenciés. Mais un certain nombre de végétaux ont des caractères mixtes : ils ne peuvent être rapportés exclusivement à tel ou tel type décrit. Il est extrêmement rare de rencontrer un végétal suffisamment malléable pour s'adapter à toutes les phases de l'évolution des dunes. Nous savons que l'*Ammophila arenaria*, si hautement différencié dans son rôle édificateur, ne résiste pas au déchaussement (4). Il en est de même de toutes les plantes à pivot lorsqu'elles n'émettent pas suffisamment de racines adventives : l'*Euphorbia Paralias*, le *Crucianella maritima* (Phot. 16) pendent lamentablement, les rameaux en bas, sur les parois d'érosion. Certaines de leurs tiges aériennes cependant peuvent émettre éventuellement des racines et sont le point de départ de nouveaux organes aériens érigés. C'est un procédé défensif, mais ces plantes relèvent beaucoup plus d'une organisation neutre. Nous savons aussi que l'*Anthemis maritima* et l'*Ephedra distachya* sont parfois offensifs.

Toutes ces plantes, manquent de plasticité en ce sens que leur rôle est bien déterminé et localisé dans certaines phases de l'évolution des dunes. Aussi devons-nous prêter une attention particulière au seul végétal qui à notre connaissance, puisse indifféremment jouer un rôle neutre (qu'il préfère d'ailleurs) ou bien résister victorieusement à l'ensevelissement des sables ou bien encore lutter contre le déchaussement éolien : le *Pancratium maritimum* (Phot. 13). Il est très fréquent dans nos dunes méditerranéennes, mais ne semble pas avoir été spécialement étudié par les phytogéographes ou les morphologistes ; il a échappé à certains travaux de géographie botanique relatifs à nos dunes [Raunkjær 1914]. Au point de vue de son rôle dans la dynamique des dunes nous avons pu établir les faits suivants : les graines grosses (1 cm³) mais légères, germent rarement sur les pentes meubles. Elles trouvent leur position d'équilibre favorable à la germination, soit sur les crêtes élargies de certaines dunes, soit plus souvent en arrière de la zone de rajeu-

(4) Nous ne partageons pas à cet égard, l'opinion formulée dans les comptes rendus des excursions dirigées par M. Massart sur le littoral belge, à savoir que « l'oyat peut parer à toutes les difficultés de l'existence dans la dune ». [M^{lle} Wéry, 1908, p. 119].

nissement des sables : le maximum d'extension de l'espèce se trouve en effet dans les dunes âgées. Là, le Mistral les recouvre de sable. Le bulbe peut alors se développer et émettre des feuilles dont on voit surgir ça et là les extrémités verdies. Si le régime d'équilibre se poursuit, les feuilles se réfléchissent vers le sol. En juillet la hampe florale prend latéralement naissance

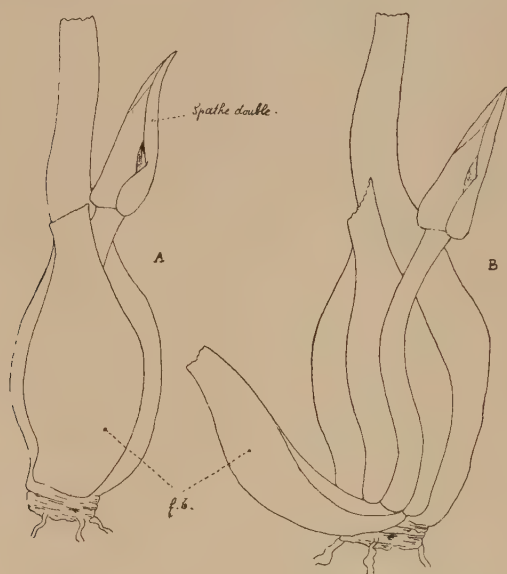


Fig. 8. — A. Oignon de *Pancratium maritimum* dépouillé de sa tunique et laissant voir la bractée f. b. du bourgeon floral.

B. Bractée rabattue et laissant voir la feuille postérieure entre le bulbe et l'axe floral.

NOTA. — Ces deux feuilles se distinguent de celles de la tunique proprement dite en ce qu'elles n'entourent pas complètement le bulbe.

sous le bulbe entre deux petites feuilles antéropostérieures, qui ne participent pas à la formation du bulbe (fig. 8). La place de cette hampe est celle des bulbes jeunes, qui naissent toujours à la base des bulbes déjà formés, et permet d'interpréter la hampe et ses feuilles mères comme un « bulbe floral ». Lorsque les bulbes végétatifs se détruisent, les feuilles s'étalent, jaunes et desséchées sur le sable, et contribuent ainsi tous les ans à la formation de l'humus pulvérisé par la suite à l'intérieur des dunes.

Les bulbes s'enfoncent d'année en année dans le sol. C'est là qu'intervient l'aptitude à l'ensevelissement : elle est manifeste, mais c'est ici la plante qui s'ensevelit elle-même progressivement dans la zone d'humidité constante. Qui peut le plus peut le moins et il va sans dire qu'elle est très apte à supporter les ensevelissements dus au transport mécanique du sable comme le montre la fig. 10 où les gaines foliaires souterraines, d'un bulbe isolé atteignent jusqu'à 60 cm de hauteur.

Contrairement à l'*Ammophila*, le *Pancratium* résiste avec une grande vigueur au déchaussement, et pour deux raisons. D'abord, le chevelu radiculaire est d'une abondance rarement atteinte chez les géophytes à bulbe. La photographie n° 13 montre une colonie de bulbes maintenue à son niveau originel malgré la mer qui a sapé la dune à la base. On voit l'énorme quantité de racines moniliformes si caractéristiques du *Pancratium maritimum* et qui retiennent une motte de sable volumineuse reliée, par un enchevêtrement de racines, à la colonie voisine. D'autre part les bulbes peuvent se bouturer à nouveau malgré un déchaussement prolongé, la mort des racines n'entraînant pas celle du bulbe. Dans ces colonies à évolution centrifuge, on peut se rendre compte que les rangs externes sont en contre-bas, les bulbes centraux étant au contraire plus élevés. Leur compacité interdit la désagrégation par le vent.

Cette plante présente donc, suivant les cas, une organisation offensive, prohibitive ou défensive. Son rôle est cependant passé inaperçu ou bien a été interprété comme neutre. [Braun-Blanquet, 1921, p. 343-346].

* * *

Ces préliminaires analytiques nous permettront de mieux comprendre l'évolution floristique des dunes, dominée par le vent comme leur dynamique générale. « Le vent apparaît comme le modelleur-répartiteur de la biologie de nos dunes. Il est modelleur mécaniquement sur le sol (faciès dunal) et physiologiquement sur la végétation (formes biologiques, xérophilie, spectre biologique). Il est répartiteur des êtres vivants au point de vue de leurs aptitudes à lutter contre ses propres actions, aptitudes qui se traduisent par les modalités diverses de l'organisation épharmonique. » [Kühnholtz, 1921].



Fig. 9. — Formation centrifuge d'une colonie de bulbes de *Pancratium maritimum* R d. 1/2 d'après nat.



Fig. 10. — Résistance de l'ensevelissement par élongation souterraine
des feuilles et de leurs gaines. (*Pancratium maritimum*)

Réd. 2/3 d'après nat.

CHAPITRE II

Le Pro-Ammophiletum et le Stade de Jeunesse des Dunes

SOMMAIRE :

Rôle de la marée. Distinction entre les plages exhausées et les plages basses	98
A. FORMATION DES DUNES SUR LES PLAGES EXHAUSÉES. — Les pionniers : <i>L'Agropyrum junceum</i> sur les plages exhausées larges ; <i>L'Agropyretum</i> . <i>L'Ammophila arenaria</i> sur les plages exhausées étroites ; <i>L'Ammophiletum jeune</i> . Subordination des deux groupements originels d'après leur destinée.....	99
B. FORMATION DES DUNES SUR LES PLAGES BASSES. — Les souillères et les graus :	
<i>Les souillères</i> . — Caractères généraux : répartition des dunes. 1° Les dunes frontales. Les pionniers : <i>Salicornia macrostachya</i> et <i>Imula crithmoides</i> ; le <i>Salicornietum</i> , sa destinée. 2° Les dunes de comblement. Les pionniers : <i>Microcoleus chthonoplastes</i> , <i>Lyngbya estuari</i> ; leur rôle dans la différenciation progressive de la flore phanérogamique halophile. Les prairies salées rases à <i>Salicornes</i> étalées diffuses ; les <i>Salicornes</i> érigées. Les prairies demi-sèches à <i>Artemisia Gallica</i> . 3° Destinées non halophiles de tous ces groupements originels : rôle tardif de <i>L'Ammophila</i>	115
<i>Les graus</i> . — Caractères généraux : répartition des dunes. Dunes frontales, d. de comblement, d. marginales. Les graus fossiles.....	136
C. CONCLUSIONS. — Tableau récapitulatif des groupements originels, créateurs de dunes. Leur convergence vers <i>L'Ammophiletum</i>	140

L'évolution des dunes sur le littoral du Golfe du Lion est marquée à ses débuts par la possibilité qu'ont certains végétaux de prendre pied sur les plages, à des distances variables du bord de la mer. Ces distances dépendent sans doute, sur notre territoire côtier, de la plante elle-même suivant ses aptitudes propres à se rapprocher de la mer ; mais elles sont subordonnées aussi aux marées dont l'amplitude très faible intervient cependant dans la répartition des végétaux, dans certaines conditions qu'il convient de préciser.

Cette amplitude des marées oscille autour de 0^m 20 dans le Golfe du Lion, mais ce chiffre ne doit pas être interprété de façon uniforme pour l'ensemble de notre lido méditerranéen. Une différence de vingt centimètres dans le niveau de la mer, n'aura pas les mêmes conséquences au point de vue de la végétation, sur les plages surélevées et sur les plages basses qui peuvent être inondées fort avant vers le continent (phot. 2). On n'a pas le droit de négliger cette marée faible pour ces plages planes et parfois même surbaissées, qui constituent d'une part les souillères en bordure de la mer et d'autre part les graus intermittents.

Lorsque les hydrographes veulent situer le trait de côte correspondant à la laisse de pleine mer, ils font appel à la végétation qui recouvre les dunes et « qui ne prête pas généralement à une indécision de plus de deux ou trois mètres » [La Porte, 1916]. En réalité le trait de côte coïncide pour eux « avec le pied des dunes et avec la limite de la végétation herbée qui les recouvre » [ibid.]. L'approximation est en effet suffisante pour les plages exhausées. Mais là où le niveau des sables permet des incursions marines profondes, le trait de côte devient lui-même plus continental, et d'une imprécision en rapport avec les dunes qui se développent parfois au milieu des souillères ; au niveau des graus il est même souvent interrompu. D'ailleurs Chambrelent [1893] avait indiqué des modifications considérables du trait de côte dues au simple jeu

des vents du large lorsqu'ils soufflent avec assez de force. Il signale, en Camargue notamment des dénivellations de la mer de 1^m 40 à 1^m 50 malgré la faiblesse des marées. Les instructions nautiques [1910] notent des dénivellations atteignant 2^m au golfe de Fos.

On conçoit qu'en raison de ces variations et de ces solutions de continuité dans le trait de côte, par rapport au pied des dunes, il faille en réalité considérer deux sortes de plages : celles où le trait de côte ne franchit jamais le rideau des dunes qui reste proche de la mer et celles où il est au contraire reporté très loin vers le continent. L'emprise de la végétation sur les plages (*groupement originel*) sera très différent dans les deux cas. Nous avons déjà entrevu cela par les actions réciproques du vent et du sable, et notamment dans les phénomènes de triage (p. 83).

Nous sommes ainsi conduits à diviser l'étude de la formation des dunes en deux parties concernant, la première les plages exhausées, la deuxième les plages basses.

A. FORMATION DES DUNES SUR LES PLAGES EXHAUSSÉES

Autour du Golfe du Lion, les plages exhausées, sur lesquelles l'influence de la marée est pratiquement nulle sont en très grande majorité. Elles sont généralement étroites, le cordon de dunes pouvant se rapprocher (Roussillon) jusqu'à 10 mètres des vagues. La largeur de ces plages a même une tendance à se réduire par le fait de la poussée des semences vers la mer

par les vents de terre. Sous ce rapport, les semences de l'*Ammophila arenaria* sont particulièrement aptes à prendre racine et nous rapportons cette faculté de conquérir la plage à l'ensemble de son organisation offensive.

Les conditions de stabilité favorables à la germination sont difficilement réalisées sur les sables des plages. Ceux-ci ne peuvent être conquis que par des végétaux à germination rapide et dont le chevelu radiculaire s'étale rapidement ou forme une touffe souterraine qui agglutine les sables. On sait que les Graminées offrent ces garanties et nous ne sommes pas surpris de constater que les plantes particulièrement aptes à conquérir les plages à surface mobile appartiennent en majeure partie à cette famille.

L'aptitude à conquérir les plages se manifeste d'ailleurs à des degrés divers et nous pouvons en établir une sorte de hiérarchie décroissante (1) parmi les espèces suivantes :

↑	<i>Agropyrum junceum</i>
	<i>Spartina versicolor</i> (2), <i>Sporobolus pungens</i>
	<i>Ammophila arenaria</i>
	<i>Arundo Phragmites</i>
↓	<i>Cynodon Dactylon</i>

Nous ne partageons donc pas à ce point de vue l'opinion de M. Decrock : « Le *Sporobolus pungens*, dit-il [1914 ; p. 443], espèce propre aux sables du littoral méditerranéen, mérite de fixer tout particulièrement notre attention au point de vue de la fixation des sables car c'est l'espèce qui se rapproche le plus

(1) Nous nous plaçons actuellement au point de vue du *géodynamisme* c'est-à-dire du mode d'action des plantes sur le substratum, mais nous verrons sans tarder que le *bio-dynamisme* c'est-à-dire l'action des plantes sur l'évolution globale du tapis végétal, n'est que la conséquence du géodynamisme et qu'il y a, dans nos dunes, parallélisme complet entre les deux points de vue dynamiques. C'est ce que nous avons entendu mettre en évidence dans nos Notes préliminaires intitulées respectivement : *Phytogéographie dynamique* (c'est-à-dire géodynamique) et *Phytogéographie génétique* (c'est-à-dire biodynamique) des dunes du Golfe du Lion.

(2) *Spartina juncea* Willd. Voir Chevalier : *Note sur les Spartina*, in Bull. soc. Bot. Fr., T. XXIII, p. 59.

près du rivage et qui par conséquent a une action très précoce ». M. l'abbé Coste, dans sa flore de France émet la même opinion : « C'est la plante qui s'avance le plus près des eaux de la mer et qui commence à fixer les sables par ses nombreux rhizomes ».

Disons tout de suite que nous avons parfaitement constaté la présence du *Sporobolus pungens* à 5 mètres à peine de la mer, entre le Grau-du-Roi et l'Espiguette. Mais il n'y est pas seul et la petite prairie compacte qui borde les flots sur quelques mètres de long est en réalité constituée de la façon suivante :

Espèces	Quantité (1)	Sociabilité (1)
<i>Sporobolus pungens</i>	5	4
<i>Salsola Kali</i>	1	1
<i>Agropyrum junceum</i>	+	1
<i>Eryngium maritimum</i>	+	1
<i>Inula crithmoides</i>	+	1
<i>Xanthium macrocarpum</i>	+	1

La présence d'une plante halophile telle qu'*Inula crithmoides* indique suffisamment son rôle dans ce petit groupement végétal. C'est elle qui a retenu les premiers sables humectés encore d'eau de mer. Quant à l'*Agropyrum junceum*, beaucoup moins halophile, il n'est là qu'avec des coefficients de présence réduits, précisément parce qu'il s'adapte mal au voisinage immédiat des vagues. Les sables accumulés par l'*Inula* lui ont néanmoins permis de prendre pied momentanément. L'*Eryngium* et surtout le *Xanthium* sont l'indice d'une station affranchie de sel. Les sables ont été lavés et la mer, proche pourtant, ne les a pas baignés depuis longtemps. Ils peuvent d'ailleurs provenir non pas directement de la mer mais de la plage, car la côte est dirigée parallèlement à la direction du Mistral. Le *Sporobolus pungens* est l'une des compagnes les plus constantes

(1) Nous ne tenons compte pour cette démonstration que de la quantité et de la sociabilité (dans le sens de Braun-Blanquet [1921]).

de l'*Agropyrum junceum* auquel il faut des sables assez profonds et de préférence non salés. Il a pris néanmoins le dessus parce que ce chiendent des sables prend le dessus partout où il réussit à s'installer. Nous ne l'avons pas rencontré ailleurs aussi près de la mer, dans nos nombreuses explorations du littoral (1).

Il ne suffit pas de constater que, dans certains cas, telle ou telle plante peut jouer le rôle de pionnier. Il faut encore comparer ce cas à l'ensemble des phénomènes de conquête des plages sur tout notre territoire côtier. C'est à la suite de semblables comparaisons que nous avons été amenés à subordonner l'*Ammophila arenaria* à l'*Agropyrum junceum* au point de vue des successions. Et pourtant si nous ne tenions compte que du lido compris entre le Grau-du-Roi et Cette par exemple, ce serait sans aucun doute à l'Oyat que reviendrait la première place dans ce rôle offensif. Nous ne pouvons tirer de conclusions certaines sous ce rapport que par l'étude de la végétation dans les conditions optima de son installation. Or ces conditions sont rarement réalisées entre les Pyrénées et le Cap Couronne. On les rencontre notamment sur la pointe de Terre-Neuve où l'on constate qu'en avant des hautes dunes où se cantonne l'*Ammophila*, se trouve une très large zone de dunes basses *presqu'exclusivement formées par l'Agropyrum junceum*.

Ainsi les pionniers de la conquête des plages sont, suivant les cas, l'*Agropyrum junceum* ou l'*Ammophila arenaria*. La première espèce, pour son plein développement exige des plages larges ; la deuxième peut prendre le dessus sur les plages étroites. Le golfe d'Aigues-Mortes est particulièrement instructif à cet égard. Au Sud du Grau-du-Roi (Terre-Neuve), ce sont des plages où l'*Agropyrum junceum* se développe amplement, vers la mer, en avant du rideau de dunes hautes créé par l'Oyat (fig. 11 a). Au Nord au contraire, les vagues atteignent souvent les dunes qu'elles sapent à la base et qui forment alors un à-pic

(1) M. Braun-Blanquet (comm. verb.) l'a rencontré, isolé de toute autre plante, au voisinage immédiat des flots. Il resterait à préciser les conditions tout à fait exceptionnelles de cette station. Ce sont les dunes basses, à *Agropyrum junceum* qui constituent son véritable lieu de prédilection.

vers le large. L'*Agropyrum* ne peut guère s'y installer et plus on se rapproche de Palavas plus le rôle de pionnier incombe aux jeunes *Ammophila* (fig. 11 b).

Ces faits peuvent s'expliquer par la perméabilité différente des deux obstacles. Nous avons déjà vu que l'*Agropyrum* est beaucoup plus perméable que l'*Ammophila*. Sur les plages larges, le sable trié par le vent entre les galets et les coquillages, sera tamisé en quelque sorte par les tiges espacées des *Agro-*

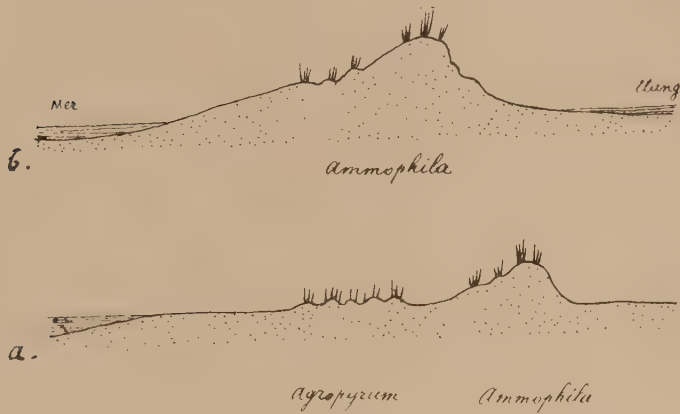


Fig. 11. — Profils de Lido. — a) plages larges ; b) plages étroites.

pyrum et ne s'accumulera en définitive que sur les touffes compactes d'*Ammophila*. Comme celles-ci ont un pouvoir accumulateur de sable plus considérable, la topographie du lido sera fonction de la répartition de ces deux espèces. L'obstacle le plus perméable se trouve en avant des touffes plus ou moins imperméables.

Au contraire, sur les plages étroites, ce seront les végétaux imperméables qui prendront immédiatement le dessus, car les végétaux perméables n'ont pas assez de sable à leur disposition.

Dans d'autres cas enfin, l'emprise du sol par ces deux pionniers ne se fera pas sans lutte et l'on trouvera des conditions mixtes favorisant le développement côte à côte des deux Graminées (*mixtium*).

Nous avons signalé parmi les Graminées offensives, deux autres espèces dont l'une, rare sur le littoral, le *Spartina versicolor* forme parfois de petits monticules en avant du cordon élevé des dunes à *Ammophila* (entre Carnon et le Grau-du-Roi). Elle se comporte comme l'*Agropyrum* au point de vue géodynamique mais elle ne prend jamais une grande extension.

Quant à l'*Arundo Phragmites*, à l'inverse des quatre Graminées précédentes, il ne se trouve en première ligne qu'accidentellement. C'est en réalité une plante plus continentale dont la présence dans les dunes ne s'explique que par les vents de terre. Elle est capable d'édifier des dunes assez importantes mais leur répartition est toujours en rapport avec la présence de marais situés au Nord-Ouest de ces dunes. Ces faits sont particulièrement mis en évidence à l'embouchure de l'Orb où l'on peut voir, sur la rive gauche, des dunes édifiées par *Arundo Phragmites*. L'orientation de ces montilles dont l'une dépassait 2^m de haut en 1921 indique nettement l'action prépondérante du Mistral dans leur accroissement ; les semences originelles et d'entretien, proviennent des rives de l'Orb en amont du lido. Quoique rares, ces dunes sont intéressantes, car l'*Arundo Phragmites* a un pouvoir édificateur considérable. Nos Graminées peuvent en effet être classées comme suit d'après leurs aptitudes à accumuler des sables :

Pouvoir édificateur croissant.	↑	<i>Ammophila arenaria</i>	}	Organes aériens érigés hauts.	↓	Perméabilité croissante.
		<i>Arundo Phragmites</i>				
		<i>Agropyrum junceum</i>				
		<i>Spartina versicolor</i>				
	↑	<i>Sporobolus pungens</i>	}	Organes aériens éri- gés bas.	↓	
		<i>Cynodon Dactylon</i>				

Telles sont les espèces de premier plan dans la conquête des plages par la végétation. Malgré leur petit nombre, elles transforment la plage en un cordon de dunes. A ces modifications topographiques qu'elles entraînent, correspondent des groupements floristiques dont nous allons étudier maintenant la composition et l'évolution.

Les débuts de la phase d'édification des dunes sont caracté-

risés par une flore dominée tantôt par l'*Agropyrum junceum* tantôt par l'*Ammophila arenaria*. Chacun de ces groupements ainsi dominés constituent respectivement : un *Agropyretum* (1) et un *Ammophiletum* jeune (2).

L'Agropyretum

L'*Agropyrum junceum*, avec toutes les espèces qui l'accompagnent marque l'emprise de la végétation sur les plages exhausées larges (≥ 50 m). Par son pouvoir édificateur de sable, il permet en effet à d'autres végétaux psammophiles de s'installer. On doit le considérer à ce point de vue comme le *créateur* du groupement originel des plages exhausées larges. Ces faits, sans avoir été relatés sous cette forme biodynamique, ont été déjà observés en ce qui concerne la répartition topographique de l'*Agropyrum Junceum* dans les dunes. En 1908 des excursionnistes, dirigés par M. Massart aux environs de Nieuport, reconnaissent une plage sablonneuse intéressante parce qu'elle est intermédiaire entre la plage proprement dite et la dune. C'est là qu'ils rencontrent l'*Agropyrum* : « Tandis que sur la plage proprement dite aucune plante supérieure ne se rencontre, nous voyons ici plusieurs phanérogames qui n'existent pas dans la dune. Voici une Graminée : c'est l'*Agropyrum Junceum* qu'on ne rencontre jamais (3) qu'à l'extrémité de la plage au pied des dunes... » [Mlle Wéry, 1908] (4). Ces faits

(1) Association à *Agropyrum junceum*.

(2) Association à *Ammophila arenaria*, jeune.

(3) C'est nous qui soulignons.

(4) Comme le démontrera ce qui suit, l'observation interprétée par M^{lle} Wéry nous paraît incomplète et risque d'aboutir à un contre sens biologique.

sont exacts dans l'ensemble ; cependant, nous verrons plus loin que l'*Agropyrum* est susceptible de s'élever sur la dune, dans des conditions que nous établirons et qui constituent l'un des points essentiels du biodynamisme propre au stade de jeunesse de la dune (1).

Voici trois relevés moyens de ces groupements dominés par l'*Agropyrum junceum*. Le premier (A du tableau D) a été pris

Tableau D. — *Agropyretum*. — Relevés comparatifs.

ESPÈCES	A - d = $\frac{6}{10}$ (1)		B - d = $\frac{4}{10}$		C - d = $\frac{3}{10}$		OBSERVATIONS
	Q	S	Q	S	Q	S	
<i>Agropyrum junceum</i>	4	4	3	3	4	3	(1) Nous évaluons la densité de la population végétale suivant une échelle de 1 à 10.
<i>Sporobolus pungens</i>	3	3					
<i>Euphorbia Paralias</i>			2	1-2			
<i>Echinophora spinosa</i>	+	1	+	1	+	1	
<i>Eryngium maritimum</i>	1	1					
<i>Cyperus schænoideus</i>			2	1-2			
<i>Scleropoa maritima</i>			+	1			
<i>Cakile maritima</i>	+	1	1	1	+	1	
<i>Salsola Kali</i>	+	1					
<i>Ammophila arenaria</i> (2)	+	1-2					(2) Amorce de l' <i>Ammophiletum</i> .
<i>Arundo Phragmites</i> (3)	+	1					(3) Importations accidentelles étrangères.
<i>Typha angustifolia</i> (3)	+	1					
<i>Agropyron littorale</i> (3)	+	1					

entre le Grau-du-Roi et l'Espiguette ; le deuxième (B), sur la plage de Roquehaute où l'*Agropyretum* est beaucoup moins étendu que vers l'Espiguette mais où les conditions générales

(1) La « formation à *Agropyrum junceum* » des côtes ouest du Jutland correspond à notre *Agropyretum* [Raunkiaer, 1914 ; p. 23].

de son installation sont très comparables. Ce sont les deux points de toute la côte du Golfe du Lion où l'*Agropyretum* est le mieux différencié, topographiquement et floristiquement. Nous y ajoutons (c) un relevé pris au Cap d'Agde, sur des dunes qui paraissent très récentes ; elles sont bien isolées entre la mer et les dunes plus anciennes à *Ammophila*, sur une plage très large à l'Ouest de la Digue de Richelieu. Ce dernier relevé permettra de suivre la destinée de ce jeune *Agropyretum* qui promet un beau développement.

Ces relevés établis au cours d'explorations qui ont porté vers l'Espiguette sur un territoire de plus de 1500 m de long et de 50 m de largeur, et au littoral de Roquehaute sur un territoire de 500 m de long et 30 m de largeur, montrent suffisamment la dominance de l'*Agropyrum junceum* (1).

La faible densité de la population végétale provient de la difficulté qu'ont les semences à se stabiliser. De toutes les espèces relevées c'est sans doute l'*Agropyrum* qui est la plus apte à s'installer sur les sables mobiles. Mais il est très perméable et ne crée pas un substratum stable. Il fixe déjà suffisamment de sable pour que des plantes à racine pivotante (*Echinophora*, *Cakile*, *Eryngium*, *Salsola*, *Euphorbia*) ou à rhizomes souterrains (*Ammophila*, *Sporobolus*, *Cyperus*) puissent se développer.

La quantité d'espèces communes à ces trois relevés est très faible : trois seulement.

Aucune des espèces n'est spéciale à l'*Agropyretum*. Les unes peuvent se rencontrer dans les dunes moins instables édifiées par l'*Ammophila* (*Agropyrum junceum*). D'autres atteignent, dans ces mêmes dunes à *Ammophila*, leur plein épanouissement (*Euphorbia Paralias*, *Echinophora spinosa*, *Eryngium maritimum*, *Cyperus schænoïdes* et surtout *Scleropoa maritima*). D'autres enfin échappent à toute discipline sociologique et se

(1) Le nombre peu élevé des relevés comparés dans le tableau D pourrait soulever quelque critique. Mais ils résultent d'un procédé qui présente toutes les garanties de la méthode des « relevés multiples ». Lorsque les associations sont suffisamment ouvertes, (densité $\leq 5/10$), la méthode que nous avons indiquée ailleurs [1922] pour les « relever » permet d'obtenir, avec une économie de temps appréciable, des résultats certains.

trouvent là comme elles sont partout ailleurs sur le littoral pourvu qu'il y ait du sable (*Salsola Kali*, *Cakile maritima*).

La différence des relevés A et B provient surtout de ce que vers l'Espiguette les sables sont très meubles en raison des vents plus violents et de l'apport de sable plus considérable. Le *Sporobolus pungens*, très friand des sables renouvelés en est le meilleur indice après l'*Agropyrum*. Vers Roquehaute au contraire, la surface du sol est plus stabilisée et permet l'installation de thérophytes (*Scleropoa*).

Il faut d'ailleurs être très prudent sur l'interprétation des coefficients, car ces relevés ne valent que pour l'année où ils ont été faits. Il est absolument certain, pour quiconque est familiarisé avec le comportement des diverses espèces du lido, que le *Salsola Kali* pourra figurer dans l'avenir parmi les plantes de l'*Agropyretum* de Roquehaute, sans qu'aucune autre modification floristique ou édaphique s'y produise. C'est une plante annuelle qui a très bien pu y être balayée par des courants atmosphériques locaux. Il en est de même de l'*Euphorbia Paralias* dont la répartition sur le lido depuis le Rhône jusqu'aux Pyrénées ne présente pour ainsi dire pas de solution de continuité. Son absence est constatée sur 500 m par le relevé de Roquehaute mais, biologiquement, elle ne doit être considérée que comme momentanée.

La nature ne se déchiffre pas seulement à l'aide de coefficients et de statistiques ; encore faut-il compléter ces coefficients et ces statistiques par des observations biologiques. Nous n'en voulons pour preuve que ce même *Salsola Kali* dont les possibilités biologiques ne sont en rien révélées par nos relevés qui portent cependant sur des surfaces considérables. Autrement dit, rien ne s'oppose à la possibilité de sa présence dans les localités où nous ne l'avons pas relevé. Il y a même de très grandes probabilités qu'il y ait figuré auparavant. Nous n'avons donc pas le droit de négliger ce comportement général et, le *Salsola Kali*, l'*Eryngium maritimum*, l'*Euphorbia Paralias* jouent dans l'*Agropyretum*, un rôle qui ne diffère de celui du *Cakile maritima* qu'à un point de vue purement quantitatif. Ces faits sont intraduisibles par des nombres.

Il y a néanmoins, dans cet ensemble floristique, un groupement nettement caractérisé par la dominance de l'*Agropyrum*

junceum et par un nombre déterminé d'espèces dont il favorise l'installation.

Certaines espèces (électives) préfèrent les conditions de ce régime édaphique créé par l'*Agropyrum*, mais la grande majorité n'y restent pas, comme le fait ressortir la « diagnose synthétique » ci-après.

Tableau E. — Diagnose synthétique de l'*Agropyretum juncei*.

Formes biologiques (1)	ESPÈCES	Quantité	Sociabilité
g. rh. ér.	<i>Agropyrum junceum</i>	4	3-4
g. rh. ér.	<i>Sporobolus pungens</i>	1-3	2-4
ch. piv. ér.	<i>Euphorbia Paralias</i>	1-2	1-2
ch. piv. sph.	<i>Echinophora spinosa</i>	+	+
ch. piv. ér.	<i>Eryngium maritimum</i>	+	1
g. rh. ér.	<i>Cyperus schænoides</i>	1-2	2-4
th. fasc. ér.	<i>Scleropoa maritima</i>	+	1
th. piv. dif.	<i>Cakile maritima</i>	+	1
th. piv. dif.	<i>Salsola Kali</i>	+	1
g. rh. ér.	<i>Ammophila arenaria</i>	+	2-3

Il serait prématuré de tirer dès maintenant des conclusions sur la véritable signification de l'*Agropyretum* dans l'histoire du tapis végétal des dunes. Il nous faut, auparavant, comparer l'emprise de la végétation sur les plages larges, avec son installation sur les plages étroites.

Entre le Grau-du-Roi et Cette, le lido devient très étroit et le cordon de dunes se rapproche beaucoup de la mer ; aussi l'*Agropyrum junceum*, ne peut s'y installer. Comment se fait alors la conquête de la plage ? d'une façon tout-à-fait comparable mais par un autre pionnier : l'*Ammophila arenaria*. Link.

(1) g. : géophyte ; ch. : chaméphyte ; th. : thérophyte — piv. : à racine pivotante ; fasc. : à racine fasciculée — ér. : érigé ; dif. : diffus ; ét. : étalé sur le sol ; sph. : buisson sphérique. Nous complétons ainsi les types biologiques par la nature des organes souterrains et des organes aériens.

L'Ammophiletum jeune

Un deuxième mode d'édification des dunes diffère de celui qui correspond à l'*Agropyretum*, de par la nature même de l'obstacle. Les dunes les plus basses (0^m 50-1^m) sont le plus souvent complètement isolées les unes des autres et ne forment pas de nappes plus ou moins continues. Elles s'individualisent très rapidement.

Tableau F. — **Diagnose synthétique de l'Ammophiletum jeune**

Formes biologiques	ESPÈCES	Q.	S.
g. rh.	<i>Ammophila arenaria</i>	2-3	3-4
ch. piv. dif.	<i>Medicago marina</i>	1-2	1-3
g. rh.	<i>Agropyrum junceum</i>	1-2	2-3
g. rh.	<i>Sporobolus pungens</i>	1	2-3
g. rh.	<i>Cyperus schœnoides</i>	+	1-2
ch. piv. ér.	<i>Euphorbia Paralias</i>	+	1-2
ch. piv. sph.	<i>Echnophora spinosa</i>	+	1
ch. piv. ér.	<i>Eryngium maritimum</i>	+	1
th. piv. dif.	<i>Cakile maritima</i>	+	1
th. piv. dif.	<i>Salsola Kali</i>	+	1
th. fasc. ér.	<i>Scleropoa maritima</i>	+	1

De plus, la longévité de ces dunes est très variable par ce que les tempêtes d'automne les balayent souvent et peuvent niveler la plage jusqu'au pied des grandes dunes. Ces plages étroites sont le théâtre d'une lutte incessante qui est marquée par deux phases bien nettes : au printemps et en été c'est la conquête des sables vers la mer, par la végétation. En automne et en hiver ce sont les incursions marines, presque toujours violentes, qui détruisent ce qui a été édifié.

Le pionnier des plages étroites a ainsi beaucoup plus de difficultés à remplir son rôle offensif, que le pionnier des plages

larges : à la continuité du géodynamisme de celles-ci, s'oppose la discontinuité du géodynamisme de celles-là, dans l'édification de l'appareil dunal.

Mais, comme pour l'*Agropyretum*, l'*Ammophila* crée un sol profond qui permet, au moins pendant le printemps et l'été, l'installation d'autres végétaux : ce sont les mêmes que ceux de l'*Agropyretum*.

Il convient toutefois de signaler le *Medicago marina* qui peut prendre une grande extension sur certains de ces monticules avancés lorsque la profondeur des sables accumulés par l'Oyat permet à son long pivot de Papilionacée de se développer.

Les relevés des deux groupements originels qui président à l'installation des dunes, sont donc très comparables qualitativement. Au point de vue évolutif, ils diffèrent par la subordination de l'*Ammophila* à l'*Agropyrum* sur les plages larges et par celle de l'*Agropyrum* à l'*Ammophila* sur les plages étroites.



On se trouve ainsi en présence de deux groupements dont la différence essentielle provient de leur pionnier respectif.

Leur répartition dans l'espace est fonction de la largeur de la plage.

Il nous reste à envisager ces mêmes faits dans le temps pour savoir s'il y a lieu de subordonner l'un de ces groupements à l'autre, dans l'histoire globale de l'appareil dunal.

Ce problème ne peut être résolu qu'en suivant les destinées de chacun des deux groupements.

1° Destinée de l'AGROPYRETUM

Le relevé synthétique que nous avons donné de l'*Agropyretum* fait déjà entrevoir le sens dans lequel s'orientera son évolution. Nous constatons en effet que les caractéristiques de l'*Ammophila* y sont les suivantes : quantité +, sociabilité 3.

Lorsqu'on parcourt en effet un *Agropyretum*, on rencontre ça et là (+) des touffes d'*Ammophila* plus ou moins compactes (3) et qui de plus ont un rôle important d'abord dans l'édification des sables (coefficient géodynamique de 5/5) et, en corollaire, dans l'évolution floristique du groupement (coefficient biodynamique voisin de 5/5).

L'*Ammophila arenaria* a toujours, de par son aptitude spécifique à lutter contre l'ensevelissement, un coefficient géodynamique plus considérable que l'*Agropyrum junceum*. Ce pouvoir se manifeste par ce fait que les monticules qui dominent l'*Agropyretum* de loin en loin sont toujours couronnés d'une touffe d'Oyat. Parfois ces monticules sont presque jointifs et l'on voit de très loin ces touffes d'un vert foncé qui émergent de l'ensemble plus clair des *Agropyrum* dont la nappe ondule sous le vent comme un champ de blé (Espiguette).

Ce pouvoir édificateur de sable de l'*Ammophila*, a sa répercussion nécessaire dans la flore de l'*Agropyretum*. Les sables plus profonds des monticules créés par cette Graminée favorisent l'installation de végétaux tels que *Medicago marina*, et l'on peut rencontrer tous les stades de cet accaparement progressif du sol par l'*Ammophila* et ses satellites, au détriment de l'*Agropyretum*. Les dunes édifiées par l'*Ammophila* gagnent de plus en plus du terrain et l'*Agropyretum* se réduit d'autant.

Cette transformation est cependant lente : il faut plusieurs années pour y observer des modifications nettement établies. Certains facteurs peuvent intervenir pour la hâter ou la retarder.

Le plus important réside dans la variation du trait de côte. Sur certains points du littoral la mer recule. Ces gains du continent sont éminemment favorables à l'extension de l'*Agropyretum* : c'est ce qui arrive aux abords de l'Espiguette. Entre la pointe de Terre-Neuve et le Grau-du-Roi un lido nouveau s'amorce même, en avant de la côte actuelle. L'évolution de l'*Agropyretum* dans cette région peut y être entrevue de la façon suivante : 1° Accaparement progressif des parties les plus éloignées de la mer par l'*Ammophila arenaria* et ses compagnes habituelles. 2° Conquête lente et continue de la plage nouvelle par l'*Agropyrum junceum*. En un mot : refoulement

de l'*Agropyretum* vers la mer au fur et à mesure du recul du trait de côte.

Il convient donc de faire beaucoup de réserves au sujet du coefficient biodynamique moyen de l'*Ammophila* dans l'*Agropyretum*. En réalité, ce chiffre moyen ne signifierait pas grand chose. Il y a en effet, presque toujours, dans un *Agropyretum*, quelques pieds d'*Ammophila*. Lorsqu'ils ne sont pas nombreux, ils contribuent à édifier floristiquement l'*Agropyretum*, en favorisant l'installation des espèces habituelles de ce groupement, et cela, sans nuire à l'extension de l'*Agropyrum* lui-même. Mais plus l'Oyat se développe, plus il permet à d'autres végétaux, (plus exigeants par exemple que ceux de l'*Agropyretum* vis à vis de la profondeur des sables) de se développer, et cela au détriment de l'*Agropyrum*. L'*Ammophila* arrive donc à détruire « l'autonomie floristique » de l'*Agropyretum* (abbaüend, zerstörend de Braun-Blanquet [1921]) et un *Ammophiletum* jeune s'installe peu à peu, en parasite, sur les sables accumulés par l'*Agropyrum*.

2° Destinées de l'AMMOPHILETUM JEUNE

C'est sur les plages étroites que l'on peut suivre l'évolution des jeunes touffes d'*Ammophila*. Elle y est subordonnée, comme nous l'avons déjà vu, aux tempêtes marines. De cette lutte entre la mer et le monde végétal, surgissent cependant sur certains points privilégiés, des dunes qui peu à peu deviennent confluentes : au fur et à mesure que les sables s'accumulent et s'étendent, se développent les espèces déjà indiquées.

Les destinées de cet ensemble floristique sont les mêmes que celles de l'*Agropyretum*. Car l'*Ammophiletum* jeune, à une ou deux espèces près, a la même composition floristique qu'un *Agropyretum*, et c'est progressivement qu'y apparaît la flore qui succède normalement à l'*Agropyretum* sur les plages exhaussées larges.

* * *

Telles sont les destinées respectives de l'*Agropyretum* et de l'*Ammophiletum jeune* : elles convergent vers un *Ammophiletum* de plus en plus différencié, c'est-à-dire vers un groupement floristique dominé par l'Oyat et subordonné à sa présence.

L'*Agropyretum* des plages larges doit cependant être considéré comme le groupement originel ; l'*Ammophiletum jeune* doit lui être subordonné, au point de vue des successions. Car sur ces plages larges qui répondent aux conditions optima de la végétation sur les parties exhausées de notre lido, c'est toujours l'*Agropyretum* qui se différencie le premier.

L'*Ammophiletum jeune* qui naît directement sur nos plages étroites, sans l'installation préalable d'un *Agropyretum*, n'est qu'un cas particulier de l'évolution du tapis végétal qui, dans ce cas, se trouve amputée du stade primordial.

Nous sommes ainsi en présence d'une application de la méthode d'investigation par reconstitution. Elle nous permet d'aboutir à des conclusions qui, à première vue, peuvent ne pas paraître conformes à la réalité des faits, car l'*Ammophiletum jeune* est bien plus répandu sur le littoral du Golfe du Lion que l'*Agropyretum* : si bien que ce dernier est passé inaperçu dans tous les travaux phytogéographiques qui ont intéressé nos dunes.

La méthode des relevés statiques ne peut en effet aboutir à de pareilles conclusions, basées sur des observations biologiques et dynamiques. En tenant exclusivement compte des caractéristiques sociales statiques, on est obligé de reconnaître que l'*Ammophila arenaria* est bien au-dessus de tous les autres végétaux, notamment aux points de vue de la constance et de la quantité, des Pyrénées au Rhône. Mais le point de vue biologique subordonne cette plante à l'*Agropyrum junceum* tout au moins sur certains points précis de notre littoral : ces points sont rares mais d'une importance capitale pour l'interprétation génétique (successions) de la flore des dunes.

Cette flore a ainsi un stade de jeunesse qui aboutit dans tous les cas à une même composition dominée par l'*Ammophila*

L'ensemble de tous les groupements floristiques qui s'installent sur des dunes très jeunes et dont la destinée sociologique unique est un *Ammophiletum*, peut être considéré comme un *Pro-Ammophiletum*, dont les modalités se résument comme suit :

PRO-AMMOPHILETUM des plages exhausées

(Stade initial)

Plages larges :

Agropyretum (1) $\Rightarrow$ *Ammophiletum* jeune $\nearrow$ *Ammophiletum*
(Stade optimal)

Plages étroites : (Evolution raccourcie) :

Ammophiletum jeune $\nearrow$

B. FORMATION DES DUNES SUR LES PLAGES BASSES

Les plages basses, qui peuvent être immergées pendant une partie de l'hiver comprennent de grandes étendues de sable en bordure même de la mer, auxquelles on a donné le nom de « Souillères » (2). Elles figurent en détail sur les plans

(1) *L'agropyretum* ainsi décrit pourrait être considéré comme une sous-association de l'*Ammophiletum* : il serait alors dénommé *Agropyretosum*. Nous ne sommes pas partisans d'une telle complexité [voir Braun-Blanquet, 1921].

(2) Nous rappelons que les sansouires sont aussi de grandes plaines, plus étendues, d'origine fluvio-marine, mais elles désignent plutôt, auprès des indigènes, les surfaces qui échappent à l'invasion directe des flots (Saintes-Maries, Plan-du-Bourg, etc...).

dressés par le service des Ponts et Chaussées et ont chacune leur nom (Souillère de Madame, Souillère de la Félicité, etc...). Nous ne nous occuperons ici que des rapports de leur évolution avec le développement des dunes.

A ce type d'évolution nous rattacherons celui des graus intermittents que nous étudierons ensuite.

Les Souillères

L'alternance périodique de deux phases domine l'évolution des souillères et les différencie des plages exhaussées : en hiver elles sont sous l'eau ; la mer s'étale librement au delà du lido, le trait de côte devient plus continental. En été la mer s'est retirée et d'immenses étendues de sable pouvant atteindre plusieurs kilomètres de long et plusieurs centaines de mètres de large, sont mises à nu.

En raison des incursions de la mer, une grande quantité de sel sera déposée sur le sol des souillères ou remontera par capillarité (1) : le miroitement du salant constitue l'un des caractères les plus frappants du paysage des souillères. On conçoit dès lors que l'emprise du terrain par la végétation soit marquée par des adaptations éminemment halophiles. Nous avons vu plus haut le sens dans lequel nous comprenions cette halophilie (p. 33) ; et nous devons tenir compte ici du fait que les souillères sont émergées pendant une grande partie de l'année. Les organes souterrains des végétaux qui les occupent sont donc seuls en contact permanent avec les solutions

(1) La « montée du Salant » provoque souvent la mort des ceps de vigne sur de grandes surfaces (Terre-Neuve).

chlorurées. D'autre part, les Salicornes elles-mêmes, mieux adaptées pourtant à ce régime si spécial, meurent si leurs organes aériens subissent des immersions prolongées. Nous les placerons donc dans les halophiles nécessaires émergées.

Cependant nous devons faire une exception pour certains Protistes tels que le *Lyngbya æstuari*, le *Microcoleus chthonoplastes*, qui sont entièrement en contact avec le salant, même lorsque la mer s'est retirée. Ces halophiles ont pratiquement le même comportement que les halophiles immergées et caractérisent nos souillères. Nous ne retiendrons, dans la présente étude, que le rôle de ces Protistes dans la formation des dunes.

L'évolution de la flore hors des dunes, dont les travaux de MM. Flahault, Combres et Decrock ont donné une vue d'ensemble, comprend une série de groupements (1), évoluant avec une extrême lenteur et dont les stades, même les plus avancés, ne sont pas encore affranchis des influences chimiques de la mer.

Il n'en est pas de même pour les groupements dont les espèces ont un pouvoir accumulateur de sable. L'évolution verticale du lido (voir p. 51) est en effet bien plus rapide partout où ces groupements peuvent s'installer : ces groupements accumulateurs de sable feront, seuls, l'objet du présent paragraphe.

Lorsque l'on explore le littoral du delta rhodanien, il est très facile de reconnaître que les dunes des souillères sont réparties en deux régions : 1° En bordure immédiate de la mer. 2° Loin de la mer, ça et là, sur toute l'étendue de la souillère.

La mer, lorsqu'elle envahit ces surfaces planes, s'étend en réalité progressivement à l'intérieur de la souillère, souvent même avec quelque lenteur. Par le simple jeu des marées on la voit s'avancer sans hâte et s'étaler plus ou moins loin vers le continent (phot. 2). Lorsque des tempêtes se déclanchent les vagues déferlent sur le lido et les eaux sont toujours plus calmes sur la souillère elle-même.

Le retrait de la mer est toujours lent ; des flaques demeurent ça et là et sont le siège d'une évaporation intense : c'est alors

(1) On les appellerait aujourd'hui *Artemisietum gallicæ*, *Salicornietum macrostachyæ*, *Salicornietum sarmentosæ*, etc...

que se forme le salant. Mais entre la mer et la souillère, les sables déposés en grande quantité émergent rapidement et sont desséchés par le soleil et le Mistral.

Ces faits expliquent la formation de deux zones : celle des sables meubles ou lido proprement dit et celle du salant ou souillère proprement dite. Les dunes peuvent se former sur



Fig. 12. — Souillère. — Répartition des Dunes.

ces deux territoires, mais leur évolution présente des différences notables en raison même des structures différentes des sols.

Nous désignerons les dunes du lido, situées par conséquent entre la souillère et la mer, sous le nom de *Dunes frontales* et celles de la souillère sous le nom de *Dunes de comblement* (fig. 12).

Evolution des dunes frontales

LE SALICORNIETUM

Les dunes frontales sont édifiées à l'aide des sables déposés sur le lido même. Les caractères physico-chimiques de ces sables ne sont pas les mêmes que ceux des plages exhausées, car la mer les visite assez souvent pour entretenir leur richesse en sel et leur cohésion. Fréquemment remaniés, les pluies sont impuissantes à les dessaler complètement. Ils sont aussi plus humides et leur mobilité est moindre que celle des sables situés au delà du trait de côte.

Ces deux caractères s'opposent à l'installation d'emblée des Graminées non halophiles. Les deux plantes principales qui jouent ici le rôle de pionnier (*Salicornia macrostachya* et *Inula crithmoides*) ont les caractères de la xérophilie physiologique. Leur pouvoir offensif est marqué bien plus par ce caractère que par leur possibilité d'édifier des dunes. Cette possibilité est presque uniquement fonction de la hauteur absolue de leurs organes aériens : elles sont érigées mais ne résistent pas à un ensevelissement rapide.

Le *Salicornia macrostachya* Moric. peut former à lui seul des dunes bien caractérisées de 1^m à 1^m 30 de hauteur. Lorsque l'on creuse une dune ainsi formée on trouve presque toujours, vers la base, des souches mortifiées. Les tiges émettent des racines au fur et à mesure que le sable monte ; les parties inférieures meurent et la plante se trouve ainsi de plus en plus élevée. Elle s'étale en touffes émergeant au-dessus des sables. (phot. 3) Mais la résistance à l'ensevelissement est plus réduite que celle de l'*Ammophila* ; celui-ci se rajeunit sans cesse par des rhizomes à croissance rapide. On ne rencontre pas des *Ammophila* mortes dans les dunes (en dehors des cas d'érosion éolienne violente), mais on y rencontre souvent des Salicornes mortes.

L'*Inula crithmoides* L. a un pouvoir accumulateur de sables bien plus réduit. Il ne meurt pas à la base et les racines restent en contact avec la nappe salée. C'est donc une plante halophile plus spécialisée que le *Salicornia macrostachya*, qui peut au contraire s'affranchir dans une certaine mesure des contacts chlorurés. Sous ce rapport, le comportement de cet *Inula* le rapproche des autres Salicornes (*S. radicans* Sm ; *S. patula* Duv. J. ; *S. Emerici* Duv. J.). Mais ces dernières restent cantonnées sur la souillère proprement dite.

Le *Salicornia fruticosa* L. se rapproche parfois de la mer et peut former des dunes très basses. Son comportement géodynamique est intermédiaire entre celui des deux précédents pionniers.

Les dunes frontales de Souillères sont le mieux développées dans la région de l'Espiguette. Comme le montre la phot. 3, les invasions marines s'y révèlent par la grande quantité de galets et l'on peut constater le phénomène du triage éolien dont nous avons parlé plus haut : le sable trié est alors retenu par les touffes des pionniers. Sur les petites dunes ainsi formées, la végétation est extrêmement pauvre : on y trouve *Salicornia macrostachya*, *Inula crithmoides* et parfois *Salicornia fruticosa* : c'est le stade floristique et dynamique le plus jeune de la conquête de ces plages, au voisinage immédiat de la mer.

Dans la même région (Rafalino) on peut assister à l'installation d'une flore moins halophile et de plus en plus uniquement psammophile. La phot. n° 4 prise plus loin de la mer que les dunes de la phot. 3, montre des Graminées sur une dune à *Inula-Salicornia* : ce sont des *Agropyrum junceum*. Certains ont pu prendre pied en dehors de la dune même, mais ils sont voués à une mort certaine pendant l'hiver. Les photographies, étant faites fin juillet, la souillère était libérée de la mer depuis plusieurs mois déjà et l'*Agropyrum* a pu s'y installer ça et là, au hasard de la dissémination, après les pluies de printemps.

Ces Graminées ont pris pied sur les sables nus de la dune, accumulés d'après le mode connu, en aval de Salicornes par rapport aux vents marins qui l'ont édifié. Les sables seront de plus en plus capturés par les *Agropyrum* et la phot. n° 5,

montre ces Graminées qui ont élevé peu à peu le niveau de la dune en aval des Salicornes. Pendant l'hiver, cette dune plus évoluée, pouvait former une île au pied de laquelle émergeaient les rameaux des halophiles, devenues ainsi protectrices des sables accumulés.

On rencontre très souvent sur ces plages basses des petits monticules de sable comprenant une touffe de *Salicornia macrostachya* entremêlée à une touffe d'*Inula crithmoides* et en arrière, sur le sable récolté, une touffe d'*Agropyrum junceum*. De sorte que si l'on relevait toutes ces dunes, il est indiscutable que l'on donnerait à l'*Agropyrum* un coefficient de constance variant de 1 à 2. Mais l'on commettrait une erreur dynamique si l'on interprétait ces résultats en englobant l'*Agropyrum* dans le *Salicornietum*. Le comportement géodynamique de cette plante montre suffisamment qu'elle succède à l'installation des Salicornes. Son coefficient de constance nous importe peu : nous savons que s'il n'est pas sur telle dune actuellement il y sera *presque sûrement* dans l'avenir. Quant à sa valeur biodynamique, elle ressort aussi de nos observations : l'*Agropyrum* ne détruit pas les Salicornes puisqu'il vient sur les sables nus accumulés en aval de ces halophiles. Il ne nuit pas non plus à leur extension puisque les Salicornes ne s'installent pas sur ces même sables profonds mais parmi les galets.

Le *Salicornietum* joue vis à vis de cet *Agropyretum* naissant, sur les plages basses et larges, le même rôle que jouait l'*Agropyretum* vis à vis de l'*Ammophiletum* naissant, sur les plages larges non immergées : c'est à ce titre un *Pro-Agropyretum*.

L'avenir floristique des dunes frontales de souillères est donc désormais fonction des mouvements de la mer. Partout où celle-ci a une tendance à se retirer, les touffes d'*Agropyrum* s'étendront. Les Salicornes disparaîtront d'elles-mêmes par le dessalement des terres, et l'on sera en face d'un *Agropyretum* continu, comme celui qui existe entre Rafalino et le Grau-du-Roi.

Mais, sur certains points de la côte, la mer avance au contraire vers le continent. On peut se demander alors quel avenir est réservé au *Salicornietum* sur ces plages dont la largeur diminue progressivement. La solution nous est donnée, entre les Saintes-Maries et le Grau d'Orgon. Les gains de la mer

ont été suivis depuis longtemps dans cette région, le village est menacé malgré les digues. [Flammarion 1906 ; David Martin 1911]. L'*Agropyrum junceum* y est rare. Nous savons pourquoi : il lui faut une grande quantité de sables frais et renouvelés. Pour la même raison, les dunes sont basses et comme la mer envahit volontiers la souillère, ce sont des plantes halophiles qui créent en définitive les dunes. En dehors de tempêtes marines, le lido reste à nu, mais les sables y étant rares, ils se stabilisent sans rajeunissement autour des halophiles qui n'ont pas à subir d'ensevelissement rapide. Aussi voit-on apparaître sur ces dunes très basses en assez grande quantité le *Salicornia fruticosa* et des halophiles étalées-diffuses : *Dactylis littoralis*, *Obione portulacoides*, et des rosettes de *Statice limonium* var. *macroclada*. Si la dune peut devenir plus élevée, ce sont alors des Chaméphytes à pivot qui apparaissent : *Eryngium maritimum*, *Euphorbia Paralias*, *Echinophora spinosa* et les thérophytes habituels : *Cakile maritima*, *Salsola Kali*, *Xanthium macrocarpum*.

L'*Agropyrum junceum* devient ici subordonné, mais au point de vue biodynamique c'est un *Agropyretum* étouffé dans l'œuf. Nous verrons plus loin que l'*Ammophila arenaria* n'a pas grand'peine à s'en emparer.

Tableau G. — Sables moutonnés des Saintes-Maries.

Formes biologiques	ESPÈCES	Q.	S.	
Ch. ér.	<i>Salicornia macrostachya</i>	3-4	3	Halophiles du <i>Salicornietum</i>
Ch. ér.	<i>Salicornia fruticosa</i>	2	3	
Ch. ér.	<i>Inula crithmoides</i>	2	2	
G. rh.	<i>Dactylis littoralis</i>	3	3-4	
G. rh.	<i>Obione portulacoides</i>	2	2	
Rosette	<i>Statice Limonium</i>	+	1	
G. rh.	<i>Agropyrum junceum</i>	+	1-2	Psammophiles de l' <i>Agropyretum</i>
Ch. piv. ér.	<i>Euphorbia Paralias</i>	1	1	
Ch. piv. ér.	<i>Eryngium maritimum</i>	+	1	
Th. piv. dif.	<i>Cakile maritima</i>	3	2-3	
Th. piv. dif.	<i>Salsola Kali</i>	+	1-2	
Th. piv. ér.	<i>Xanthium macrocarpum</i>	+	1	

Nous donnons à titre d'indication un relevé complet (août 1921) de ces sables moutonnés (dunes très basses) à l'Ouest des Saintes-Maries (tableau G). Il pourra servir de comparaison à des observations futures.

Voici maintenant le *Salicornietum* de Rafalino :

	ESPÈCES	Q.	S.
Ch.	<i>Salicornia macrostachya</i>	3	3
Ch.	<i>Inula crithmoides</i>	2	2
Ch.	<i>Salicornia fruticosa</i>	+	2-3
G. rh.	<i>Agropyrum junceum</i>	1-2	2

La pauvreté en espèces de ces deux relevés, révèle d'une part un milieu très spécial et d'autre part un caractère de jeunesse du tapis végétal. Les caractères spéciaux du milieu résident sur ces plages basses immergées, dans la présence simultanée de deux facteurs : mobilité du sable et présence du sel. Les plages étroites telles que celle des Saintes-Maries n'en sont qu'un cas particulier, par la stabilisation relative de la surface du sol, et par l'affranchissement possible des solutions salines concentrées.

Il nous reste à marquer la place du *Salicornietum* dans l'évolution du tapis végétal dans l'ensemble de nos dunes.

Nous avons fait la part des plages exhausées et des plages basses. Par rapport au trait de côte, la flore des plages exhausées s'installe au delà de l'avance extrême de la mer et la flore halophile s'installe en deçà de cette avance. Or, la mer a certainement occupé jadis l'emplacement actuel des plages exhausées. Il semblerait donc logique de penser que l'*Agropyretum* actuellement dépourvu d'halophiles dériverait d'un *Salicornietum* autrefois établi. Mais la question est beaucoup plus complexe en réalité, à cause des variations du trait de côte dans le temps, et nous ne savons pas grand'chose sur ces variations. La fameuse légende des Saintes-Maries en est une preuve flagrante. On pense généralement que la plage des

Saintes « n'est pas une plage moderne » et qu'elle existait à l'origine de notre ère. Lenthéric [1876 ; p. 427] se basant sur l'étude géologique et hydrologique des variations du littoral de la Camargue, affirme que « cette partie du littoral recule d'une manière lente et continue et que ce régime est établi depuis près de vingt siècles ». Il ne faut pas perdre de vue que le même régime existait dans le Golfe d'Aigues-Mortes, et que si la mer semble se stabiliser dans ses contours et même reculer maintenant (1921) au Grau-du-Roi, il n'en est pas moins vrai que l'anse d'Aigues-Mortes s'est creusée pendant longtemps. Il est donc possible que l'emplacement actuel de l'*Agropyretum* si développé de Rafalino, soit émergé depuis fort longtemps et que les *Agropyrum* s'y soient installés au fur et à mesure des avances de la mer, et sans un ensemencement préalable de Salicornes. Nous devons donc nous montrer réservés sur la subordination chronologique de ces groupements halophiles et non halophiles et nous maintiendrons sous ce rapport, notre division topographique des plages dont nous nous bornerons à constater les modalités actuelles de l'évolution phytogéographique sans tenir compte des événements passés (1).

(1) Bien qu'étant dans l'impossibilité de prendre position dans les débats relatifs aux variations de la côte dans le Golfe du Lion, il convenait de poser le problème de l'origine de l'*Agropyretum* dépourvu de Salicornes.

Un problème analogue se pose également au point de vue géographique. Si vraiment la mer avance depuis si longtemps dans ces régions de la Camargue, il y a tout lieu de penser que, sur l'emplacement actuel du lido, se trouvait une Sansouire ou tout au moins une Souillère. On n'assisterait donc pas actuellement à la formation d'une plage nouvelle, mais à l'envahissement d'une Souillère par les sables et les dunes de comblement. Ceci expliquerait l'invasion si considérable des sables dans la Souillère dite de La Félicité. Le mer pousserait en avant d'elle les sables et la végétation, qui rajeuniraient ainsi (phyto-géographiquement) un territoire ancien, sur lequel le sol, loin d'avoir une tendance à se stabiliser, deviendrait alors de plus en plus chaotique.

Au point de vue de la géographie économique, ces transformations rendent très précaire l'installation de vignobles sur des terrains de plus en plus alimentés en sable et sujets aux bouleversements du Mistral : les vignes détruites de Rafalino confirment ces données.

Nous ne pouvons également passer sous silence la répercussion fâcheuse de cette instabilité du sol sur les communications. Il y a sous ce rapport une opposition remarquable entre le Roussillon et la Camargue. Les voi-

Nous avons pu nous montrer moins réservés à propos de la subordination de l'*Ammophiletum* et de l'*Agropyretum* parce que le lido compris entre le Grau-du-Roi et la Montagne de Cette ou même de la Clape est un nerf sableux qui a surgi au milieu des flots pour séquestrer un chapelet d'étangs entre le double rivage de notre Languedoc. L'étroitesse de ce lido n'a pas permis aux *Agropyrum* de s'y installer et il est très probable qu'il n'y a jamais eu un *Agropyretum* nettement différencié. Rien ne s'oppose à ce qu'il y ait eu un *Salicornietum* préalable mais celui-ci a dû évoluer suivant les modalités actuelles de la plage des Saintes-Maries c'est-à-dire en association mixte d'*Agropyrum* et d'*Ammophila*. Cette dernière espèce seule a pris alors le dessus et l'*Agropyretum* a été contracté dans le temps et dans l'espace.

L'évolution de la végétation sur les dunes frontales des Souillères peut se résumer comme suit :

Plages larges : (Evolution dilatée)	
<i>Salicornietum macrostachyæ</i> → <i>Agropyretum</i>	↙ <i>Ammophiletum</i>
Plages étroites : (Evol. contractée)	
<i>Salicornietum macrostachyæ</i> → <i>Agropyro-Ammophiletum</i>	↘ <i>Ammophiletum</i>

tures longent les côtes de Camargue sur les sables mouillés par les vagues. La traversée de la Félicité est extrêmement pénible pour les attelages. Au contraire, en Roussillon, les plages graveleuses non tassées, rendent la marche pénible même pour les piétons et les communications sont reportées immédiatement en arrière des dunes.

Evolution des dunes de comblement

Les considérations exposées plus haut (p. 48) sur la classification des Souillères par rapport aux actions éoliennes auxquelles nous avons subordonné les actions marines, trouvent ici leur application. Les Souillères sont en réalité des Sansouires en rapport immédiat avec la mer et peuvent suivant leur orientation et la nature du lido qui les limite vers la mer, échapper ou non aux ensablements éoliens. Rarement, elles sont soumises à ces ensablements sur toute leur surface. (La Félicité).

Lorsque la côte est parallèle à la direction du Mistral, les Souillères recueillent le sable provenant de la destruction des dunes adultes qui les bordent vers le Nord. D'autre part, les sables du lido sont répandus sur elles par les souffles du large. Il y a donc deux sources possibles de sable pour combler les Souillères. L'obstacle rare accumulera ce sable à son aval et les dunes combleront peu à peu ces espaces plats. L'état actuel des Souillères ne permet pas cependant de constater ces stades avancés. Généralement les dunes de comblement demeurent espacées les unes des autres et forment autant d'îlots pendant la période d'immersion. Elles prennent naissance pendant l'assèchement estival et il faut des conditions exceptionnelles pour qu'elles puissent émerger définitivement de toutes les invasions marines. Cela tient à ce qu'en réalité l'alimentation en sable des Souillères est généralement faible. Les grains sont retenus en partie d'une part sur les dunes frontales et d'autre part en aval des *Ammophila* qui entourent généralement la Souillère. Les courants de sable passent par les trouées de dunes qui encerclent la Souillère d'une façon plus ou moins continue et qui alimentent elles-mêmes ces courants par leur dégradation.

Ce peu de sable est susceptible d'être accumulé en dunes : nous allons voir comment la chose est rendue possible par la différenciation progressive de la végétation.

Et tout d'abord, ce sont des Cyanophycées (*Microcoleus chthonoplastes* et *Lyngbya æstuarii*) qui dans ces salants immenses constituent le fond organique. Elles ne contribuent pas directement à la physionomie du pays, car elles sont enterrées, mais leur rôle est considérable dans la phytogéographie génétique des dunes de comblement.

Elles marquent le premier stade de l'installation du tapis végétal. Ce fait constitue une différence essentielle entre la formation des dunes sur les plages basses et sur les plages exhaussées. C'est que, dans le cas des Souillères, le sol reste longtemps humide et ne se dessèche que pendant les fortes chaleurs de Juillet et d'Août. Le salant se soulève alors par petites plaques. Ce fendillement est dû au dessèchement momentané des Cyanophycées et il est toujours accompagné d'un relèvement des bords des plaques. Le sable est enserré dans ces plaques feutrées et, à l'inverse de ce qui a lieu sur les plages exhaussées, la surface du sol a une certaine stabilité.

Ces plaques relevées et ces fentes sont particulièrement favorables à l'équilibre des graines pendant la germination. Leur stabilisation serait très difficile sur les salants unis, sans cesse balayés par le Mistral. (Elle n'est pourtant pas impossible.)

Ainsi, une flore cryptogamique est ici presque toujours le point de départ de la végétation des Souillères. Mais il ne faut pas assimiler son rôle à celui de la flore cryptogamique de nos rochers continentaux ou de nos garigues (*Cladonia endivivæfolia* par ex.). L'humus continental est obtenu par mortification des tissus. Il ne saurait être question de fonction humigène pour les Cyanophycées halophiles qui se déshydratent mais qui ont une reviviscence hivernale et printanière : le feutre des salants est toujours vivant. Autrement dit, l'action préliminaire des Cyanophycées n'est pas une transformation physico-chimique du sol : c'est un phénomène de géodynamisme mécanique qui a sa répercussion favorable sur l'ensemencement du sol.

La densité de la population végétale des Souillères est très faible. De loin en loin émergent des Salsolacées, des Plumbaginacées, etc... dont les graines roulent sur un sol durci et séché. Mais ce sont en général des graines très petites, qui trouvent, dans le fendillement superficiel, un abri sûr contre les courants atmosphériques.

Quelles Phanérogames s'installent les premières sur un tel terrain ? Elles sont évidemment halophiles et si toutes ne sont pas susceptibles de former des dunes, toutes celles qui se trouvent dans les courants de sable peuvent le retenir plus ou moins. L'origine des dunes est en effet très variée dans les Souillères. Ce sera tantôt une simple touffe de Salicorne érigée, tantôt une prairie basse de Salicornes annuelles, tantôt un groupement plus complexe.

Dès qu'une agglomération quelconque de plantes halophiles a retenu du sable sur quelques centimètres, on la voit dominée, en été, par une Graminée psammophile. Pour toutes les raisons exposées antérieurement l'*Agropyrum junceum* y est rare. Au contraire, l'*Ammophila* surgit plus vite et peut créer une dune au milieu des prairies halophiles, étant mieux organisée que l'*Agropyrum* pour accaparer le sable rare. Il se produit alors un fait remarquable : c'est ici l'*Ammophila* qui favorise l'installation (sinon l'extension) de l'*Agropyrum*. Celui-ci a besoin avant tout d'un sable neuf et suffisamment profond : peu importe que ce soit du sable amoncelé par une Salicorne, une *Inula* ou une *Ammophila*. Ce cas se produit lorsque le groupement originel forme une prairie rase retenant peu de sable. En voici un exemple :

Prairie rase halophile. 30 m × 25 m. d = 9/10. Quelques rares touffes émergent (Salicornes érigées). Côte de Beauduc entre les Cabanes du Mouillage et le phare de la pointe du Sablon. Envahissement par les eaux en hiver. 10 à 15 cent. d'épaisseur de sable retenu.

	Q.	S.
<i>Salicornia sarmentosa</i>	4	4
<i>Salicornia Emerici</i> Duv J.	+	2
<i>Suaeda maritima</i>	3-4	2
<i>Obione portulacoides</i>	2	3
<i>Statice bellidifolia</i>	1	1
<i>Glyceria convoluta</i>	+	1-2
<i>Salicornia macrostachya</i>	+	2
<i>Salicornia fruticosa</i>	+	2

Ce groupement est exclusivement halophile. Nous le considé-

rons comme l'optimum des prairies halophiles basses des Souillères. On le rencontre fréquemment, avec quelques modalités floristiques (parmi les Statices notamment) suivant le degré d'assèchement du sol. Il peut être pris pour type du *Salicornietum sarmentosæ* des territoires humides.

Voici maintenant un stade plus évolué. C'est déjà une dune basse plus ou moins étalée, au milieu de la Souillère de Beauduc, dans la même région que la prairie dont nous venons de donner la composition floristique. La population végétale est moins dense (7/10) car les sables nus sont déjà visibles. En avant, se trouve un *Salicornietum macrostachyæ* peu évolué, sans la moindre trace d'*Agropyrum*.

ESPÈCES	Q.	S.	OBSERVATIONS
<i>Salicornia sarmentosa</i> ± enseveli	3	2-3	Halophiles indicatrices du groupement originel.
<i>Salsola Soda</i> ± enseveli	+	1-2	
<i>Statice bellidifolia</i> ± enseveli	+	1	
<i>Salicornia macrostachya</i>	1	2	
<i>Inula crithmoides</i>	2	2-3	
<i>Ammophila arenaria</i>	+	2	Psammophiles de l' <i>Agropyro-Ammo-</i> <i>philetum</i> .
<i>Agropyrum junceum</i>	+	1-2	
<i>Euphorbia Paralias</i>	3	2	
<i>Cakile maritima</i>	2	2	Non spécialisées.
<i>Salsola Kali</i>	1	1-2	

On peut préjuger, d'après ce que nous connaissons de l'évolution de l'*Agropyretum* et de l'*Ammophiletum* jeune, de l'avenir d'une telle dune. L'ensevelissement des plantes étalées aboutira à leur destruction. Elles seront peu à peu localisées autour de la dune qui s'élèvera lentement.

Des exemples de ce stade avancé ne manquent pas en effet dans les Souillères. Nous en avons retenu deux typiques : l'un dans la Souillère de Beauduc, l'autre dans la Souillère de La Félicité.

1^{er} Exemple. — Dune de comblement de la Souillère de Beauduc. Cette dune se trouve à 100 m. de la mer. 2 m. au point culminant. 1 m. 50 à la deuxième touffe arrière. Il y a ici une zonation altitudinale très nette. (fig. 13).

En avant, vers la mer et tout autour du pied :

	Q.	S.
<i>Salicornia macrostachya</i>	2	2-3
<i>Inula crithmoides</i> (plantules et adultes)	2	2
<i>Salsola Soda</i>	2	1-2
<i>Statice virgata</i>	1	1
<i>Cakile maritima</i>	3	2-3
<i>Salsola Kali</i>	1-2	1
<i>Agropyrum junceum</i>	+	1
<i>Euphorbia Paralias</i> (plantules seulement)	+	1

Au-dessus : étage à *Agropyrum junceum*.

<i>Inula crithmoides</i> (adultes, racines profondes)	1	2
<i>Agropyrum junceum</i>	3	2-3
<i>Cynodon Dactylon</i>	1	2-3
<i>Euphorbia Paralias</i> (adultes)	1	1
<i>Cakile maritima</i>	2	1-2
<i>Salsola Kali</i>	+	1
<i>Xanthium macrocarpum</i>	+	1

Enfin la touffe terminale à *Ammophila*.

<i>Ammophila arenaria</i>	4	3-4
---------------------------	---	-----

Il ne reste du groupement originel que deux plantes basses : *Salsola Soda* et *Statice virgata* et deux halophiles érigées : *Salicornia macrostachya* et *Inula crithmoides*. Le développement de l'*Ammophila*, qui forme une touffe dense et étendue (3-4 m²) a peu à peu étouffé la petite prairie qui avait arrêté le sable en arrière du *Salicornietum macrostachyae* de la plage et l'*Agropyrum junceum* s'est développé sur ces sables nouveaux. La zonation altitudinale provient ici du pouvoir édifi-

cateur de sable propre à chaque espèce : l'*Ammophila* est la plus haute.

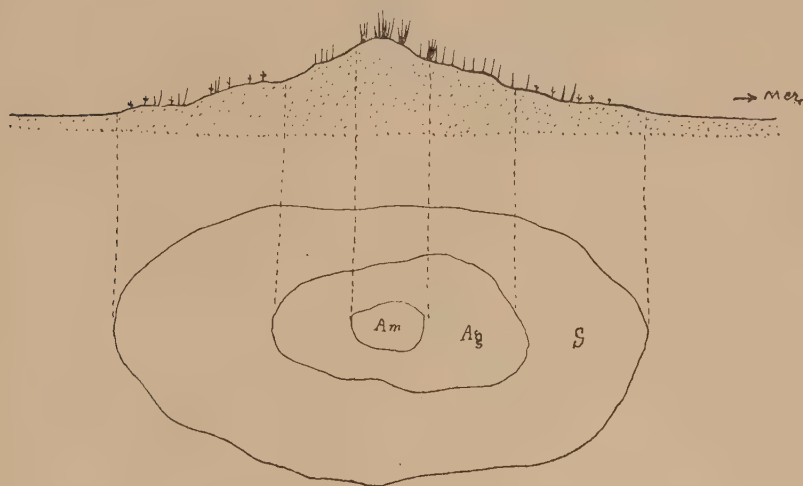


Fig. 13. - Dune de comblement de la Souillère de Beauduc. — S = zone des halophiles. Ag = Etage à *Agropyrum junceum*. Am = Etage à *Ammophila arenaria*.

2^{me} Exemple. — Souillère de la Félicité (Espiguette) fig. 14. Dune de comblement visitée par la mer à marée haute, au pied de son versant maritime. 4 m. de hauteur. 30 m. de long et 20 m. de large. Il y a ici une érosion éolienne (Mistral) qui se traduit par un trouble floristique sur le versant continental. La zonation altitudinale subsiste sur le versant maritime où nous avons relevé successivement : (fig. 14).

Vers la mer au pied de la dune :

	Q.	-	S.
<i>Salicornia macrostachya</i>	1-2		1-2
<i>Inula crithmoides</i>	1		1-2
<i>Salsola Soda</i>	+		1
<i>Cakile maritima</i>	1		1

Au-dessus : Ceinture à *Agropyrum junceum* :

<i>Agropyrum junceum</i>	3-4	2-3
<i>Sporobolus pungens</i>	1	2
<i>Echinophora spinosa</i>	1-2	1

Enfin les touffes à *Ammophila* :

<i>Ammophila arenaria</i>	3-4	2-3
<i>Agropyrum junceum</i>	1	2
<i>Echinophora spinosa</i>	1-2	1



Fig. 14. — Dune de comblement de la Souillère de la Félicité.

S = Zone des halophiles. Ag = Etage à *Agropyrum*.

Am = Etage à *Ammophila*.

*** Démarcation approximative des influences maritime et continentale aux points de vue dynamique et floristique. a_1 a_2

L'évolution comparée des dunes de comblement des Souillères, dont on pourrait multiplier les exemples, aboutit toujours à une touffe d'*Ammophila* marquant le point culminant. A partir de ce moment, l'*Ammophiletum* se différencie de plus en plus si le Mistral le permet. Nous reviendrons plus loin sur

le versant continental de cette dune de La Félicité que nous venons de décrire partiellement (versant maritime) : car si le versant maritime a une composition floristique qui nous révèle un rajeunissement incessant, il n'en est pas de même du versant opposé où nous avons trouvé bon nombre d'espèces indicatrices d'un *Ammophiletum* très ancien et qui nous permettent de conclure pour cette dune à un âge beaucoup plus avancé que celui de la dune de notre premier exemple.

Quoiqu'il en soit, c'est encore vers l'*Ammophiletum* qu'évoque la flore des dunes de comblement, que l'origine soit dans une touffe de Salicorne érigée ou dans une prairie de plantes halophiles basses.

Cette double origine ne se conçoit cependant que sur les parties les plus humides des Souillères. En réalité, une Souillère présente certaines parties de sa surface qui peuvent être très desséchées. La flore, tout en demeurant halophile, présente alors des caractères différents et constitue des *prairies demi-sèches*. Le sol en est particulièrement tassé, ce qui explique en partie les phénomènes de nanisme qui y sont si fréquents. D'autre part ces prairies se trouvent loin de la mer. Elles échappent à l'ensevelissement par les sables ou bien celui-ci se poursuit avec une extrême lenteur.

Dans aucune Souillère nous n'avons pu rencontrer un stade plus évolué que celui des prairies sèches de Beauduc. La présence du *Sporobolus pungens*, indique néanmoins que cette Souillère évolue vers un *Ammophiletum*.

Nous résumons dans le tableau ci-après les caractères floristiques d'après lesquels on pourra apprécier sur le terrain les degrés d'évolution de telle ou telle prairie à *Artemisia gallica*. cette plante est en effet la meilleure indicatrice de ces prairies demi-sèches.

Prairies demi-sèches à Artemisia gallica = Artemisietum gallicæ D = 1 : 10 à 5 : 10 au plus.

NOMS DES ESPÈCES	Beauduc d = 1 : 10		W. grau-du-Roi d = 3 : 40		S. grau-du-Roi d = 2 : 10	
	Q.	S.	Q.	S.	Q.	S.

Vestiges halophiles des bas-fonds humides salés

<i>Salicornia macrostachya</i>	+	2	+	1		
<i>Inula crithmoides</i>	+	1	3-4	2		
<i>Salicornia sarmentosa</i>			1	1-2		
<i>Juncus acutus</i>	+	1	3	2		
<i>Juncus maritimus</i>	+	1	+	1-2	3	2-3
<i>Statice Limonium macroclada</i>	+	1			1	1
<i>Salsola Soda</i>	+	1	+	1	1	1
<i>Statice bellidifolia</i>			+	1*		
<i>Scirpus Holoschœnus</i> (2)			+	1	3	2-3
<i>Linum maritimum</i>			2	1	+	1
<i>Plantago crassifolia</i>			+	1-2	3	2-3
<i>Spergularia marginata</i>	3	2*				
<i>Sueda maritima</i>	+	1			1	1
<i>Sonchus maritimus</i>	+	1				

Indicatrices des prairies sèches

<i>Artemisia gallica</i> (1)	3	2	1	1*	1-2	1*
<i>Erythrœa spicata</i>	1-2	1	3	1		
<i>Polypogon maritimus</i>	1	1*				
<i>Polypogon monspeliensis</i>	1-2	1*	2-3	1	2	1
<i>Statice Girardiana</i>	+	1				
<i>Statice virgata</i>	3	2*	+	1		
<i>Schœnus nigricans</i>	+	1			2	2-3
<i>Inula viscosa</i> (3)	+	1				
<i>Vaillantia muralis</i> (3)	1-2	2				
<i>Samolus Valerandi</i> (3)					3	2
<i>Rosettes de Geranium</i> Sp. (3)	+	1	1-2	1		

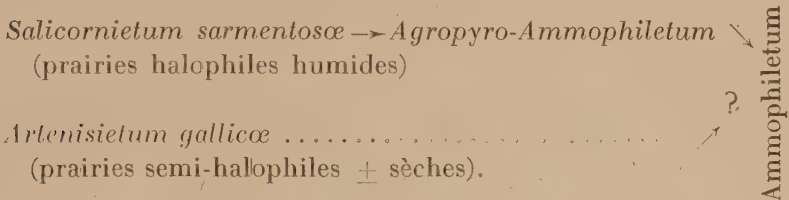
Psammophiles littorales des sables ± profonds

<i>Saccharum cylindricum</i> (4)			4	3		
<i>Arundo Phragmites</i>					+	1
<i>Oenothera biennis</i>	+	1	1-2	1		
<i>Sporobolus pungens</i>	+	1				
<i>Salsola Kali</i>	+	1				

* Espèces frappées de nanisme.

On voit d'après les quantités relatives d'Halophiles et de Psammophiles peu ou pas halophiles que ces groupements sont en pleine marche vers l'affranchissement des influences marines. Nous avons exclu de notre programme d'étude actuel, l'évolution du tapis végétal des Souillères dans sa totalité. Les relevés ci-dessus sont l'indication d'un stade qui permet de prévoir une transformation en dunes à très longue échéance. Mais il est bien entendu que ces groupements peuvent ne pas évoluer en *Ammophiletum* et se trouver arrêtés dans ces stades de jeunesse si les conditions de transport de sable demeurent ou deviennent défavorables. Nous ne devons pas cependant négliger cette origine possible des dunes dans le Golfe du Lion sur Souillères sèches. Malheureusement nous n'avons jamais rencontré de dune différenciée à l'intérieur d'un *Artemisietum gallicæ*. Les relevés précédents pourront servir de base à des comparaisons futures.

L'évolution de la végétation créatrice des dunes de comblement dans les Souillères peut se résumer ainsi :



(1) *Artemisia gallica* presque toujours parasitée par **Orobancha cernua*. *

(2) *Scirpus Holoschoenus* polymorphe, surtout la forme *australis* L (forme biologique ?) (Rouy. fl. de France).

(3) Espèces d'importation continentale indiquant un assez grand éloignement de la mer et une humidité plus grande.

(4) Nous devons signaler le comportement spécial du *Saccharum cylindricum* pour compléter l'étude de la flore des Souillères. Cette plante a pour station de prédilection le pied des dunes sur les Souillères et plus particulièrement les dunes de ceinture qui limitent l'accès des flots. Il gagne peu à peu sur la dune et forme parfois des peuplements purs très importants (au N du Grau-du-Roi par exemple). Dans les limites de nos investigations (appareil dunal) il ne participe à la dynamique des dunes que dans des conditions tout à fait exceptionnelles et dans une très faible mesure. Son comportement géodynamique se rapproche beaucoup de celui de l'*Agropyrum junceum* mais se localise autour des Souillères.

On ne peut donner ici au *Salicornietum sarmentosae* et encore moins à l'*Artemisietum gallicæ* la valeur d'un *Pro-Agropyretum*, pour plusieurs raisons :

D'abord ces groupements ne donnent pas toujours naissance à des dunes. Pour que cette transformation soit possible il faut qu'ils soient situés dans un courant de sable relativement constant : cela est exceptionnel. Ensuite, nous avons vu que l'*Ammophila* permettait le plus souvent à l'*Agropyrum* de s'installer. Il ne peut donc être question d'un *Agropyretum*. En réalité nous sommes en présence d'un stade mixte *Agropyro-Ammophiletum*, avec des modalités très diverses ; c'est un stade floristique et dynamique intermédiaire entre le groupement originel et l'*Ammophiletum* différencié, tel que nous le connaissons ultérieurement. Au cours de ce stade intermédiaire s'établit souvent la zonation altitudinale.

Les Graus

Nous connaissons le rôle important que jouent les graus dans l'évolution de notre appareil littoral.

Dans la grande majorité des cas les graus sont intermittents et paraissent voués, suivant le cours actuel de l'évolution du lido, à être définitivement émergés par voie de comblement. Sous ce rapport les dunes qui s'y forment peuvent être réparties, comme pour les Souillères, en *dunes frontales* et *dunes de comblement*. Mais, de plus, les rives du grau sont bordées par un rideau de dunes plus ou moins élevées, constituant, de part et d'autre de la communication, des *dunes marginales* (fig. 15).

Les dunes les plus anciennes sont sans aucun doute les dunes marginales. Elles existaient au stade d'ouverture du grau.

Puis, celui-ci est devenu intermittent par suite des dépôts de sable qui ont peu à peu surélevé le lido : à partir de cette période d'intermittence, les dunes se sont édifiées pendant les périodes d'assèchement, soit le long de la mer (D. frontales) soit à l'intérieur même du grau (D. de comblement).



Fig. 15. — Répartition des Dunes sur un grau intermittent.

Ce sont généralement alors les D. de comblement qui se forment les premières comme l'indique la photographie n° 18, où l'on voit, au fond, le cordon marginal ouest et vers le centre deux dunes A et B en voie de formation. L'objectif étant tourné vers l'Ouest on se rend compte que ces dunes ont été photographiées après plusieurs jours de Mistral venant de N-W et déposant sa charge en aval des touffes de Graminées, c'est-à-dire vers la mer.

Le grau intermittent de Carnon peut être pris pour type, dans l'étude de l'installation de la flore. Nulle part ailleurs, sur les côtes du Golfe du Lion, l'emprise de la végétation n'est aussi nettement caractérisée. Les touffes les plus élevées de Graminées forment autant d'îlots pendant la submersion hivernale. Dès le retrait de la mer, de petites dunes se forment *surtout vers les bords*, ce qui fait prévoir la fermeture du grau par élargissement des dunes marginales vers le centre ; le chenal de communication, se rétrécit ainsi de plus en plus, comme

l'indique, sur la phot. n° 18 la ligne basse des dunes blanches, en avant des dunes grises plus élevées.

Un autre grau, plus évolué, est le Grau de Croisette qui faisait communiquer autrefois le Golfe d'Aigues-Mortes avec l'étang du Repausset, au Nord du Grau-du-Roi. La photographie n° 20, montre les deux dunes marginales du N-W (à droite) et du S-E (à gauche) et, entre les deux, les dunes frontales au-dessus desquelles émerge au loin, la silhouette du petit port du Grau-du-Roi. Au milieu de cette ceinture de dunes, se continue le comblement par l'envahissement d'une flore halophile.

Ces deux graus diffèrent considérablement au point de vue de la flore, parce qu'à Carnon la mer se retire vite du grau et que le lido exhaussé émerge dès les premiers beaux jours ; tandis qu'au N du Grau-du-Roi la mer demeure longtemps entre les dunes marginales. Aussi ne serons-nous pas étonnés de constater :

1° *A Carnon* : peu de plantes halophiles (quelques rares touffes d'*Inula crithmoides* ; des dunes exclusivement dues à l'*Ammophila* qui retient le sable parmi les graviers et galets apportés par la mer (phot. n° 18).

2° *Au Grau de Croisette*, qui constitue une plage basse : beaucoup d'*Inula crithmoides* au pied des dunes marginales (phot. n° 19) ; des dunes frontales à *Agropyrum junceum* abondant.

Le Grau de Carnon se comporte donc, dans son évolution, comme une plage exhaussée étroite. C'est un *Pro-Ammophiletum* qui s'installe *directement* parmi les graviers. Le sable trié et accumulé est vite lavé par les pluies, se dessèche et y demeure très meuble. Les Halophiles nécessaires ne peuvent y prendre pied. En raison de l'isolement des dunes qui s'y forment, c'est un territoire unique pour assister à la genèse de l'*Ammophiletum*. Nous y reviendrons.

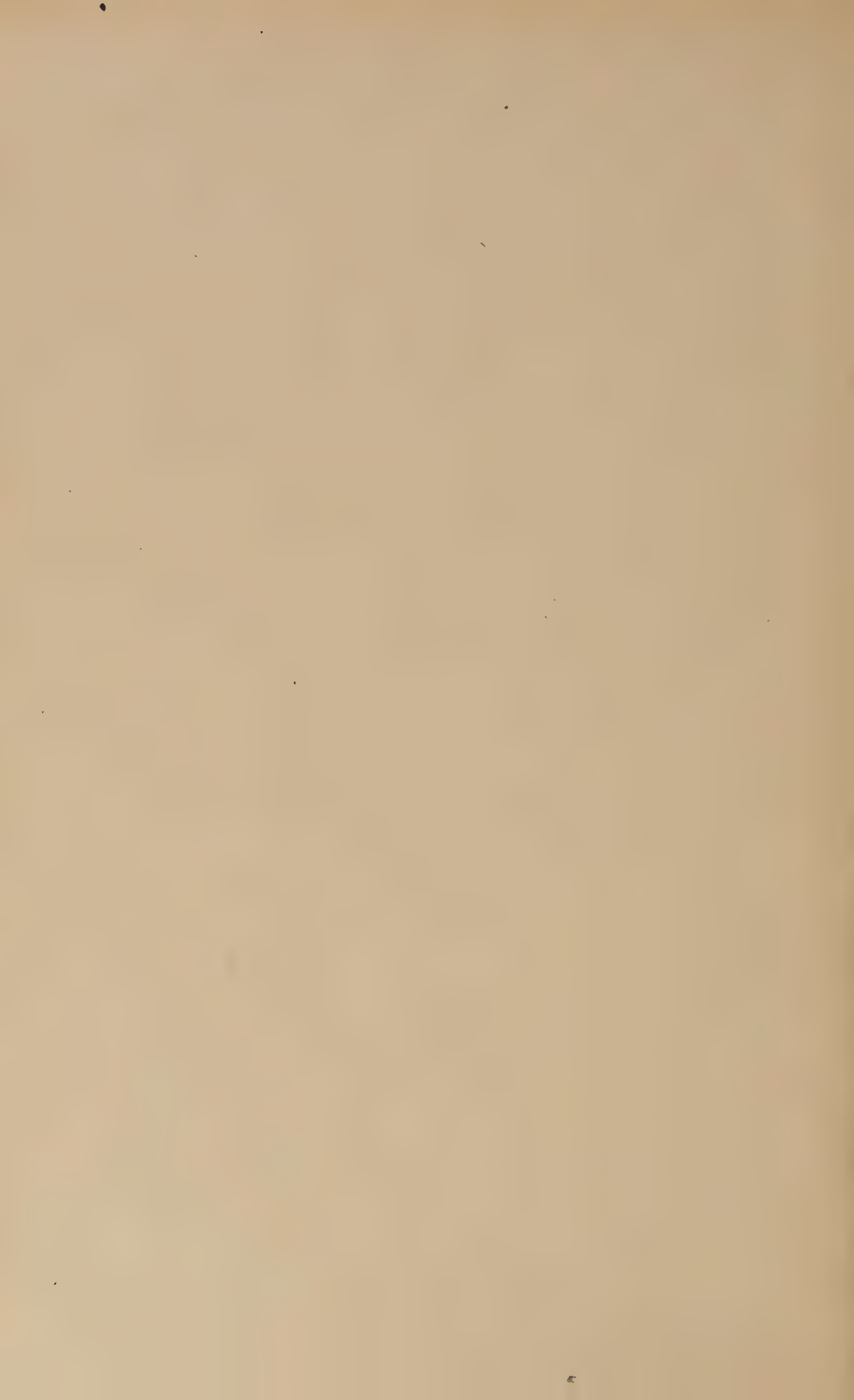
Quant au Grau de Croisette, remarquable par la différenciation de sa ceinture margino-frontale, son évolution relève directement de celle des Souillères, avec cette différence que les dunes frontales sont constituées d'emblée par un *Agropyretum*. Le territoire inondable, à l'intérieur, est un immense *Salicornietum macrostachyae* avec prédominance d'*Inula*

crithmoides qui lui imprime un faciès floristique particulier, rarement constaté ailleurs. On est en droit de prévoir que peu à peu le rideau frontal actuellement discontinu s'étendra et s'élargira, isolant complètement la partie arrière basse qui évoluera comme une *Souillère sèche*.

Ces données permettront de déceler des emplacements de graus fermés depuis longtemps. Ces graus fossiles se révéleront par l'obliquité de certains cordons par rapport au rivage (dunes marginales) et, s'ils sont fermés depuis peu, par la végétation halophile du pied des dunes. Nos recherches à cet égard sont d'ailleurs demeurées stériles et nous sommes dans l'impossibilité de signaler des emplacements de graus fossiles pour deux raisons :

1° Les lidos anciens de Camargue où l'on aurait le plus de chance d'en rencontrer, ont été nivelés pour les besoins culturels, sur presque toute leur étendue. La carte d'état-major au 80/1000^e est loin d'être à jour sous ce rapport : par exemple, les dunes d'Icard figurées à 5 kilomètres au N-W des Saintes-Maries n'existent plus.

2° Les graus actuels dont le fonctionnement relève de l'histoire, ne sont pas encore oblitérés par un rideau continu de dunes frontales ou par une masse interne importante de dunes jointives de comblement.



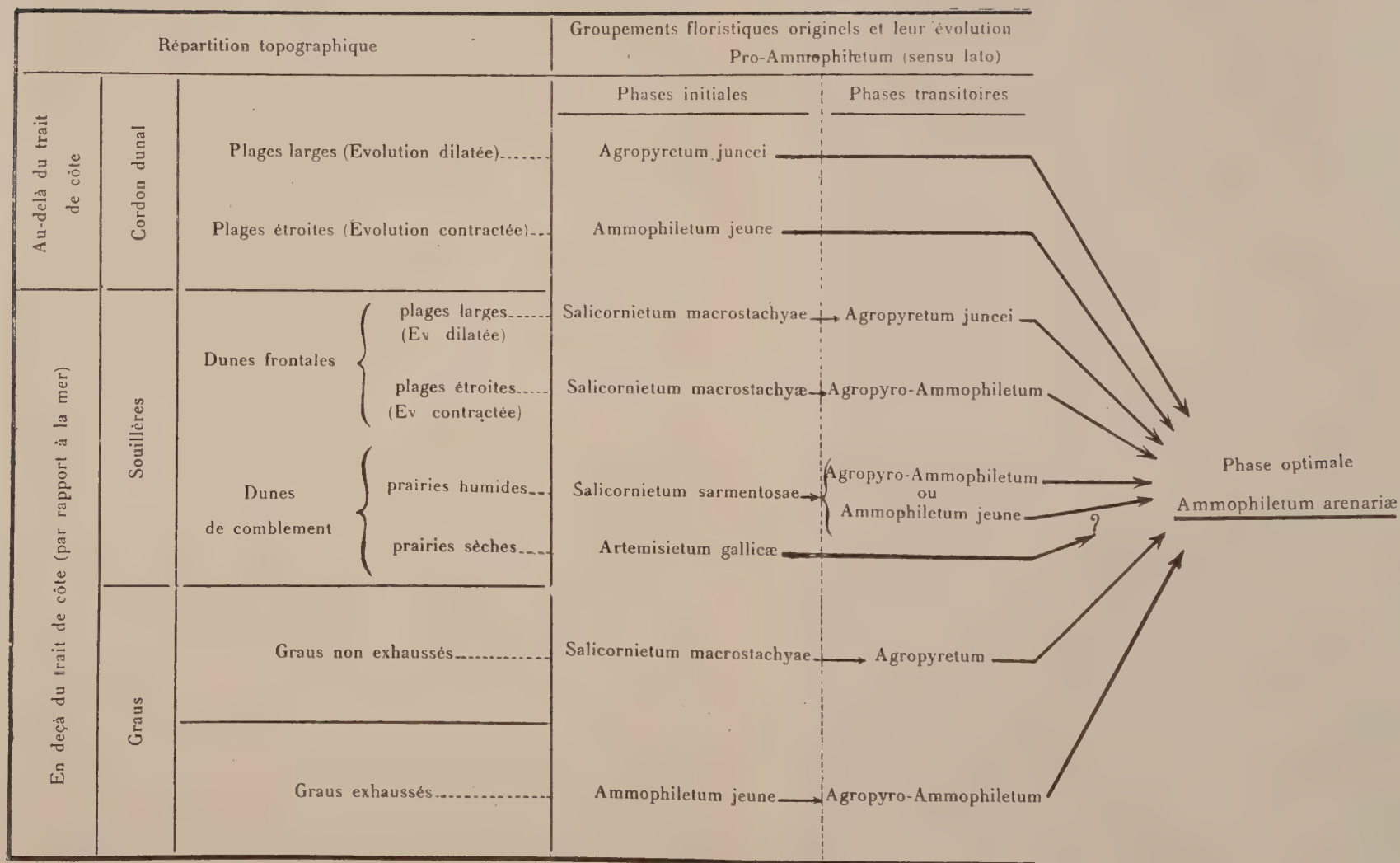


Tableau récapitulatif des groupements originels, créateurs de Dunes

Le tableau récapitulatif des divers groupements floristiques initiaux de nos sables méditerranéens, dans leurs rapports avec la formation des dunes, montre qu'ils évoluent tous vers un ensemble désormais dominé quantitativement et dynamiquement par l'*Ammophila arenaria*. Cet ensemble constitue la phase dynamo-floristique de l'*Ammophiletum*.

Le développement maximum de l'Oyat marque dans l'histoire naturelle de nos dunes, un optimum de végétation qui coïncide avec leur état adulte au point de vue dynamique. Il est en rapport direct avec les possibilités maxima de l'édification des dunes, car le Mistral est toujours là pour niveler ce qui s'élève et la puissance édifiatrice des végétaux vis à vis des sables est limitée par les souffles continentaux. Très exceptionnellement, lorsque la côte est parallèle à la direction du vent dominant, l'effort du Mistral s'ajoute au pouvoir édificateur des plantes ; n'oublions pas toutefois que sur cette même côte, le Mistral peut détruire ses propres édifices, suivant sa force.

Passage du PRO-AMMOPHILETUM à L'AMMOPHILETUM

Nous nous trouvons tout d'abord en présence d'un stade de transition entre deux phases qui se succèdent sur un même territoire : le *Pro-Ammophiletum* et l'*Ammophiletum*.

Pour mener à bien l'étude de ce stade critique, il faut d'abord discerner parmi le nouvel ensemble floristique : 1° les végétaux provenant du groupement originel (stade initial) :

nous les désignerons sous le nom d'*espèces préexistantes* ;
2° Ceux qui apparaissent en raison des conditions nouvelles :
espèces non préexistantes (espèces nouvelles) (1).

Espèces préexistantes

Dans la nouvelle phase floristique (*Ammophiletum*) les unes prennent une plus grande extension : ce sont les *espèces progressives* ; d'autres au contraire ne peuvent s'accommoder des changements du milieu que pendant un certain temps et disparaissent plus ou moins vite : elles constituent les *espèces régressives*. D'autres enfin « se prolongent » sans variations quantitatives appréciables.

Les espèces préexistantes, se diviseront donc en trois lots, comme suit :

Régressives	Progressives	Sans variation appréciable
<i>Agropyrum junceum</i>	<i>Ammophila arenaria</i>	<i>Cakile maritima</i>
<i>Sporobolus pungens</i>	<i>Euphorbia Paralias</i>	<i>Salsola Kali</i>
<i>Spartina versicolor</i>	<i>Echinophora spinosa</i>	<i>Xanthium macrocarpum</i>
	<i>Eryngium maritimum</i>	
	<i>Scleropoa maritima</i>	
	<i>Cyperus schœnoides</i>	

Les Halophiles du *Pro-Ammophiletum* demeurent exclusivement cantonnées dans ce groupement : elles constituent par conséquent des critères floristiques de tout premier ordre pour

(1). Ce terme, est commode pour exprimer l'idée que ces espèces *apparaissent* à un certain moment de l'évolution du tapis végétal et sont par conséquent *nouvelles* par rapport à l'ensemble floristique antérieur à leur apparition. C'est dans ce sens que nous entendons l'employer.

le stade initial. On ne les rencontre dans l'*Ammophiletum* que dans des cas de troubles toujours momentanés, comme par exemple sur les grèves des Saintes-Maries. La cause des troubles est en général très facile à mettre en évidence dans chaque cas particulier. Entre les Saintes-Maries et le Grau d'Orgon par exemple, un nivellement des dunes par la mer a accentué le mélange des Halophiles, sur les sables affaissés qui hébergeaient auparavant la flore d'un *Ammophiletum* bien différencié.

Les régressives du *Pro-Ammophiletum* comprennent des plantes qui suivent pendant quelque temps les changements de milieu dus à la prépondérance que prend l'*Ammophila* ; elles finissent tôt ou tard par ne plus pouvoir participer à une flore dont le développement est de plus en plus favorisé par les nouvelles conditions. Nous savons que l'*Agropyrum* et le *Sporobolus* préfèrent de beaucoup les sables meubles, sans cesse renouvelés : ils disparaissent au fur et à mesure que la grande édifiatrice de dunes, l'*Ammophila*, prend le dessus. Nous avons déjà vu que l'*Agropyrum* peut cependant la seconder quelque temps dans ce rôle d'édification. Il n'est pas rare de le trouver étroitement associé à l'Oyat : mais cela tient en général à ce que les conditions du développement optimum de l'*Ammophila* ne sont pas encore réalisées localement.

Au contraire les espèces progressives prennent leur plus grande extension avec le développement optimum de l'*Ammophila*. Il convient de remarquer qu'à part l'*Ammophila*, aucune de ces progressives n'est vraiment édifiatrice de sable. Leur plus grande extension paraît avoir pour causes : d'une part la profondeur croissante du sol, d'autre part la stabilisation relative des pentes. Il est certain en effet qu'une dune à *Ammophila* est bien moins remaniée qu'une dune à *Agropyrum*.

Les végétaux indifférents, signalés ci-dessus ne présentent naturellement aucun intérêt pour discerner le groupement originel des groupements qui lui succèdent. On les trouve partout où le sable s'est momentanément stabilisé.

Le graphique suivant rendra compte de la transition entre le *Pro-Ammophiletum* et l'*Ammophiletum* (fig. 16) :

L'origine du *Pro-Ammophiletum* est A j 1 (*Agropyrum junceum*) ou S (*Salicornietum*). L'*Agropyretum* se différencie jusqu'au moment où l'*Am-*

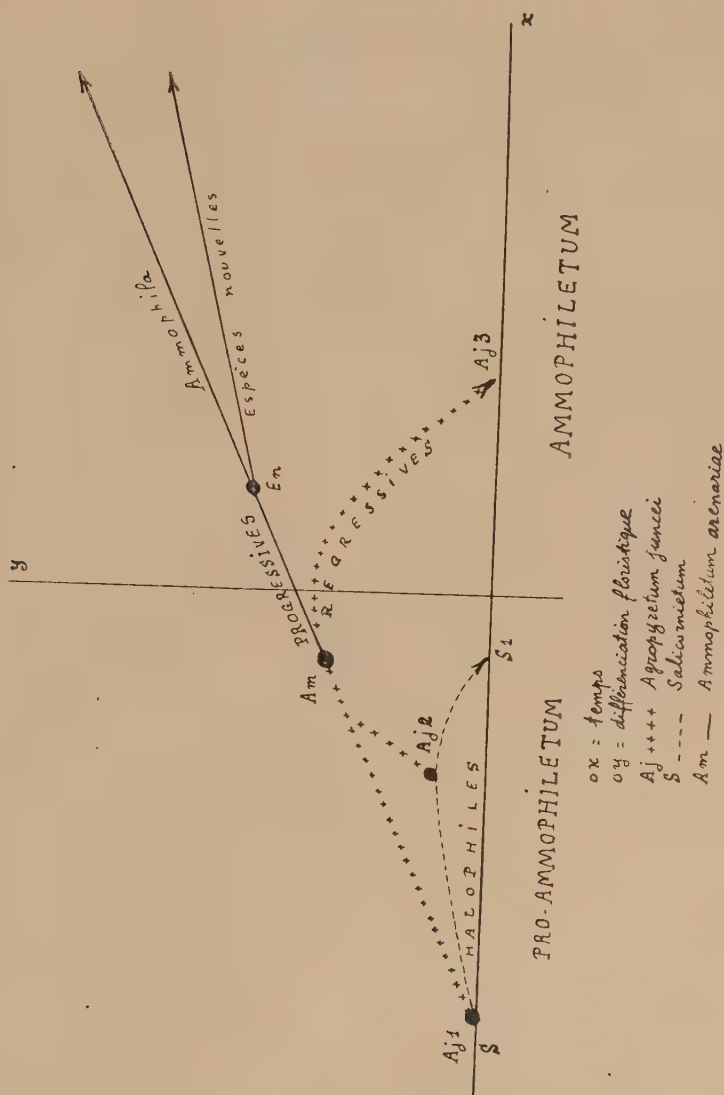


Fig. 16. — Passage du Pro-Ammophiletum à l'Ammophiletum.

mophila s'y installe (en A m). Il périclité alors mais en se maintenant un certain temps avec l'*Ammophila* : ils s'éteint dans l'*Ammophiletum* (en A j 3), tandis que celui-ci naît dans l'*Agropyretum* (en A m). Lorsque

l'origine du *Pro-Ammophiletum* est un *Salicornietum* (S), l'*Agropyrum* s'installe au bout d'un certain temps (en A j 2). Les halophiles disparaissent alors ou se maintiennent sur place, mais sans empiéter dans l'*Ammophiletum* (S 1), sauf accidents signalés. Puis, l'*Ammophila* prend pied à son tour, au bout d'un certain temps (A m) et permet enfin à des espèces nouvelles de se développer (E n).

Espèces non préexistantes

Les espèces qui font leur apparition au fur et à mesure que s'accroît la dune, ne sont pas très nombreuses. Des Pyrénées au Rhône, celles que l'on rencontre avec une certaine régularité, sont les suivantes :

Medicago marina, *Malcomia littorea*, *Anthemis maritima*, *Centaurea aspera*, *Clematis Flammula*, *Crucianella maritima*, *Artemisia campestris*, *Teucrium Polium*, *Ononis ramosissima*, *Helichrysum Stœchas*, *Cynodon Dactylon*, *Convolvulus Soldanella*, *Crepis bulbosa*, *Polygonum maritimum*, *Medicago littoralis*, *Tribulus terrestris*, *Stachys maritima*, *Scabiosa maritima*, *Chondrilla juncea*, *Verbascum sinuatum*, *Scolymus hispanicus*, *Plantago arenaria*, *Reseda alba*, *Glaucium luteum*, *Euphorbia Peplis*, *Hypochaeris radicata*, *Erodium cicutarium pilosum*, *Silene conica*, *Vulpia uniglumis*, *Koeleria villosa*, *Bromus maximus ambigens*, *Scleropoa maritima*.

Différenciation floristique de l'AMMOPHILETUM

Les plantes qui jouent le rôle principal dans la différenciation floristique de l'*Ammophiletum* (celles dont la valeur biodynamique est la plus grande), sont celles qui, en augmentant la profondeur des sables, permettent aux plantes à racine pivotante de se maintenir sur la dune et par contrecoup de la stabiliser. Les espèces à pivot sont en effet les plus nombreuses

dans nos dunes : on peut dire qu'elles constituent le fond de la végétation. D'autre part elles ont un pouvoir stabilisateur, en raison directe de leur longévité. On conçoit dès lors que les espèces pérennantes facilitent l'installation des thérophytes dont la brièveté du cycle évolutif est un obstacle aux adaptations dynamiques (ensevelissement, déchaussement). Le parallélisme étroit qui existe ainsi entre le comportement d'une espèce vis à vis du milieu et sa répercussion sur la différenciation du tapis végétal, nous permet de concevoir, dans l'évolution des dunes mieux que partout ailleurs, la valeur biodynamique d'une espèce dans ses rapports avec sa valeur géodynamique. Sur notre territoire, les espèces édifcatrices de sables sont aussi les édifcatrices des groupements végétaux (au sens de Braun-Blanquet : *aufbauend*) et celles qui stabilisent la dune édifée stabilisent aussi la composition de sa couverture végétale.

Dans un milieu stable où les réactions de la plante sont réduites au minimum, le tapis végétal est généralement très fourni et la concurrence vitale devient particulièrement âpre. La flore évolue alors vers un équilibre plus ou moins durable parce qu'elle finit par être exclusivement composée, au bout d'un certain temps, des espèces sorties victorieuses de la lutte. C'est là une des différences les plus importantes entre les dunes essentiellement rebelles à la stabilisation et un milieu comme celui des terres franches lorsqu'elles hébergent, par exemple, des prairies compactes. On ne saurait donc attacher trop d'importance à la recherche des végétaux qui ont le plus contribué à stabiliser le milieu.

Mais qu'on ne s'y trompe pas : dans l'évolution du cordon littoral, les plantes auxquelles ce rôle incombe au plus haut degré ne sont pas celles qui retiennent les sables *de la dune adulte*. Pour si paradoxal que cela paraisse, ce sont les édifcatrices des montilles qui contribuent le plus à la stabilisation de la topographie du lido. En effet, les plages basses sont fréquemment envahies par la mer, principal agent d'instabilité édaphique pour les plages. La zone intercotidale (Beauchamp [1914]) en est une preuve : son accès n'est ouvert qu'à des plantes extrêmement spécialisées : les Halophytes à immersion intermittente. L'exhaussement du lido a pour pre-

mier résultat, l'affranchissement d'une telle spécialisation : des espèces plus nombreuses peuvent alors prendre pied, la densité augmente, ainsi que le coefficient générique, aussi devons-nous mettre au premier plan les plantes dont le rôle est précisément d'accélérer cette évolution verticale : nous le savons déjà, les végétaux dotés de l'organisation offensive présentent toutes les garanties désirables à cet égard.

La plante qui joue le mieux ce rôle important sur notre lido est l'*Ammophila arenaria*. Elle mérite à bien des points de vue le titre de *créatrice* d'un nouveau stade floristique succédant immédiatement à l'*Agropyretum*, et si nous pensons qu'elle doit donner son nom à l'ensemble floristique dont elle va désormais favoriser l'installation et le développement, ce n'est pas seulement parce qu'elle en est la « dominante » mais c'est surtout parce qu'elle en est une cause biologique.

Nous ne sommes donc pas étonné de trouver parmi les Progressives originaires du *Pro-Ammophiletum*, trois plantes à racine pivotante qui se rencontraient simplement çà et là dans les sables moins profonds de l'*Agropyretum* (*Euphorbia Paralias*, *Echinophora spinosa*, *Eryngium maritimum*). Nous concevons aussi la régression de l'*Agropyrum junceum* par le simple fait qu'il a un pouvoir édificateur plus faible que l'*Ammophila* dont il n'est en définitive qu'un auxiliaire temporaire pour l'élaboration de la nouvelle flore.



L'une des méthodes pour suivre l'installation et le développement de cette nouvelle flore consisterait à assister aux apparitions des espèces sur une même dune, depuis sa naissance jusqu'à sa dégradation.

Le Grau de Carnon serait particulièrement favorable à la pratique de cette méthode. Les relevés floristiques que nous y avons faits pendant trois ans (sur les dunes A et B que montre la phot. n° 48) indiquent la lenteur de l'évolution de cette flore : 5 à 6 espèces seulement ont réussi à prendre pied sur ces montilles isolées des cordons marginaux.

Voici ces relevés successifs, englobant la végétation totale des deux dunes voisines.

Versant amont (Mistral).

	Janv. 1919		Juin 1920		Janv. 1921		Juin 1921	
	Q.	S.	Q.	S.	Q.	S.	Q.	S.
<i>Ammophila arenaria</i>	3-4	4	Sans changement		2-4	4	3-4	4
<i>Echinophora spinosa</i>	+	1-2			2	2	2	2
<i>Medicago marina</i> , adultes	3	2			3	3	3	3
plantules	+	1			+	1		
<i>Anthemis maritima</i>	+	1			+	1	+	1
<i>Euphorbia Paralias</i> (plantules)					+	1		
<i>Sclerpoa maritima</i> (1)							+	1

Versant aval (Mistral)

	Janv. 1919	Juin 1920	Janv. 1921		Juin. 1921	
			Q.	S.	Q.	S.
<i>Ammophila arenaria</i>	néant	néant	+	1-2	1	2-3
<i>Echinophora spinosa</i>						
<i>Medicago marina</i> adulte					+	1
plantules					1	1
<i>Anthemis maritima</i>					+	1-2
<i>Eryngium maritimum</i>			2 pieds		+	1

Suivre ces dunes plus avant dans leur évolution donnerait des résultats à très longue échéance et la méthode des relevés successifs sur un même point ne nous fournit, pratiquement que des résultats partiels.

Cependant, nous pouvons faire dès à présent, d'après ces faits, certaines constatations dont l'importance nous apparaîtra ultérieurement.

1° Notons tout d'abord l'absence de l'*Agropyrum junceum*.

2° Nous retrouvons néanmoins des plantes de l'*Agropyretum* de Camargue : *Euphorbia Paralias*, *Echinophora spinosa*, *Eryngium maritimum*, *Scleropoia maritima*.

3° Deux plantes nouvelles (non préexistantes) apparaissent : *Medicago marina*, *Anthemis maritima*.

(1) Même pas de pieds morts avant juin 1921. (Les individus morts subsistent en hiver presque toujours.)

4° Le *Medicago marina* est apparu d'abord sur le versant amont (vent édificateur : Mistral) et a gagné l'année suivante sur le versant aval.

L'*Anthemis maritima* au contraire s'est montré tout d'abord sur le versant aval (Mistral).

5° Une plante annuelle, la *Scleropoa maritima* s'est installée, au bout d'un certain temps, après les pluies de printemps.

Il paraîtrait imprudent, certes, de généraliser ces observations à l'ensemble de nos dunes du Golfe du Lion. Et cependant, on peut se rendre compte, en parcourant le littoral, que les faits suivants se trouvent presque toujours réalisés :

1° Les plantes qui se développent les premières sur les sables accumulés par l'*Ammophila* sont les Préexistantes originaires du *Pro-Ammophiletum*. Elles sont aussi les Progressives dont l'extension est parallèle à celle de l'*Ammophila* : *Euphorbia Paralias*, *Echinophora spinosa*, *Eryngium maritimum*.

2° En dehors de ces plantes, les unes prennent de préférence naissance sur le versant aval, les autres sur le versant amont par rapport aux vents édificateurs de la dune. L'exemple du *Medicago marina* et de l'*Anthemis maritima* sont probants à cet égard. Il semble bien que pour ces plantes, ce soit la mobilité du sable et par suite leur position sous le vent par rapport à l'obstacle, qui préside à leur établissement sur la dune. Le *Medicago marina* est surtout développé, dans l'ensemble du Golfe du Lion, sur le versant maritime des dunes, c'est-à-dire en amont des vents marins édificateurs. L'*Anthemis maritima* se tient plus volontiers sur le versant continental. Nous avons vu que, sur les dunes du Grau de Carnon, c'est précisément l'inverse : le *Medicago* est sur le versant continental et l'*Anthemis* sur le versant maritime : c'est que ces dunes sont édifiées par le Mistral. De sorte qu'en réalité la position de chacune de ces deux plantes reste la même par rapport au vent édificateur et, par conséquent, par rapport à l'obstacle.

3° Enfin, beaucoup de plantes annuelles font leur apparition après les pluies du printemps, et leur cycle évolutif se termine avec la période de sécheresse. Leur grande abondance dans les dunes à *Ammophila* provient de ce que les sables y sont beaucoup moins mobiles que sur les dunes du *Pro-Am-*

mophiletum. On les trouve surtout dans les parties les mieux stabilisées, c'est-à-dire hors des pentes.

Tels sont les résultats en présence desquels nous mettons les relevés successifs. Ils nous donnent déjà des indications qui nous permettront d'apprécier la valeur dynamique des espèces de l'*Ammophiletum* : celles qui se développeront sur le versant amont seconderont l'*Ammophila* dans son rôle essentiellement édificateur ; elles auront une importance plus grande sur le développement ultérieur du tapis végétal, que celles qui viendront simplement consolider les sables accumulés. Nous aurons donc à envisager successivement les *édificatrices* et les *stabilisatrices* ; et nous verrons en dernier lieu, les plantes qui viennent s'installer après coup, lorsque le substratum est devenu stable, c'est-à-dire les *neutres*.

Les édificatrices

Nous savons quelle est la valeur de l'*Ammophila arenaria* et de l'*Agropyrum junceum* à cet égard. Parmi les plantes de l'*Ammophiletum*, le *Medicago marina* est l'auxiliaire le plus précieux de l'*Ammophila*. Il remplace, dans ce rôle, l'*Agropyrum* régressif. Il a la possibilité de se développer sur les pentes meubles et de lutter contre un ensevelissement lent (1).

Le *Malcolmia littorea* possède aussi, à un degré bien moindre, une organisation partiellement offensive. On le rencontre souvent dans les parties très meubles des dunes.

La fréquence de ces deux espèces dans l'*Ammophiletum* les place immédiatement après l'*Ammophila*. Elles favorisent, pour

(1) Le *Diotis candidissima*, qui se rattache étroitement, au point de vue dynamique, au *Medicago marina* se maintient avec peine sur quelques points de nos côtes entre les Pyrénées et le Rhône. Il joue au contraire un rôle très important dans l'édification des dunes de Provence (Kuhnoltz-Lordat, 1922). On le rencontre encore au grau intermittent de Maguelone (obs. nob., 1922) et sur le lido d'Argelès (Gauthier : catal. fl. Pyr. Or., p. 293. Flahault : comm. verb., 1922).

une très large part, l'installation des autres espèces sur le versant aval, qui est le moins stable.

Le *Crepis bulbosa* et le *Convolvulus Soldanella* peuvent aussi apparaître, quoique rarement, sur le versant maritime des dunes côtières. Ces deux espèces ont en effet une résistance marquée à l'ensevelissement. Mais en raison de leur faible extension, elles doivent être reléguées à l'arrière-plan, dans l'organisation de l'*Ammophiletum* (1).

Les stabilisatrices

L'*Anthemis maritima*, très abondante en Languedoc, a un rôle très variable d'après sa position sur la dune. Elle se développe, de préférence, sur le versant aval, à l'abri des vents édificateurs. On verra, dans le mémoire de M. Raunkiaer [1914] la photographie d'une « formation d'*Anthemis maritima* où de fortes proportions de *Crucianella maritima* et de *Malcomia littorea* se trouvent associées aux *Anthemis* » (2). Son rôle stabilisateur y apparaît nettement et l'on concevra qu'elle puisse favoriser l'extension de toutes les espèces qui ne peuvent prendre pied que sur des sables immobilisés (plantes à rosettes et thérophytes à racines fasciculées, par exemple).

Il faut naturellement joindre à cette stabilisatrice, certaines progressives originaires du *Pro-Ammophiletum* et qui interviennent surtout par leur quantité : *Echinophora spinosa*, *Euphorbia Paralias*, *Eryngium maritimum*. Leur rôle individuel est pourtant moindre que celui des *Centaurea aspera* et *Clematis Flammula* ; mais ces deux dernières, bien que protégeant le sol sur des surfaces dépassant parfois le mètre carré, sont moins fréquentes et ont par conséquent une action plus localisée.

(1) A valeur dynamique égale c'est la « quantité » qui établira la subordination des espèces dans l'organisation des associations.

(2) Il n'est pas spécifié si cette « formation » se trouve sur le versant maritime ou continental du cordon dunal. Les touffes d'*Ammophila* dont les extrémités apparaissent au delà de la crête des dunes, et la grande quantité de Crucianelles indiquent certainement qu'il s'agit du versant continental (aval par rapport aux vents édificateurs, venant du large) et d'un *Crucianelletum*.

Le *Cakile maritima* prend presque toujours une grande extension. Ses larges touffes sont essentiellement protectrices. Mais il est annuel et son intervention est de peu de durée.

Les neutres

Ce sont de beaucoup les plus abondantes, ce qui augmente d'autant plus la valeur dynamique des deux lots précédents constituant en quelque sorte « l'ossature » de l'association.

Elles ont généralement des coefficients de présence peu élevés. On en trouvera la liste, avec leurs caractéristiques sociales, dans la diagnose synthétique de l'*Ammophiletum* (tableau H).

Tableau H. — **Diagnose synthétique de L'*Ammophiletum*. (1)**

Formes biologiques.	NOMS DES ESPÈCES.	Q.		S.	OBSERVATIONS.
		E. M.	M.		
G. rh. ér.	<i>Ammophila arenaria</i> * (a)	3-4	4	4	(a) Quand il y a coïncidence entre le minimum de l' <i>Ammophila</i> et le maximum de l' <i>Agropyrum</i> , c'est un <i>Agropiro-Ammophiletum</i> . Aussi donnons-nous l'écart maximum (E. M.) de la valeur de Q, qui complète et précise la valeur moyenne (M.) de Q.
G. rh. ér.	<i>Agropyrum junceum</i> * (a)	+3	1	3	
Ch. piv. dif.	<i>Medicago marina</i> *	+2	2	2-3	
Ch. piv. ± dif.	<i>Malcomia littorea</i> *	+2	2	2	
Ch. piv. sph.	<i>Anthemis maritima</i> *	0-4	2	2-3	
Ch. piv. sph.	<i>Echinophora spinosa</i> *	1-3	2	2	
Ch. piv. ér.	<i>Euphorbia Paralias</i> *	1-2	2	2	
Ch. piv. ér.	<i>Eryngium maritimum</i> *	1-2	1	1-2	
Th. piv. dif.	<i>Cakile maritima</i> *	+3	2	2	
Th. piv. dif.	<i>Salsola kali</i> *	+2	1	1-2	
G. b.	<i>Pancreatium maritimum</i> *	+1	+	1-2	* Psammophiles littorales.
Ch. piv. dif.	<i>Centaurea aspera</i>	+2	1	2	
Liane étalée	<i>Clematis Flammula</i>	0-2	+	2-3	
Ch. piv. ér.	<i>Crucianella maritima</i> *	0-3	2	1-2	
Ch. piv. sph.	<i>Helichrysum Stæchas</i>	+2	1	2	
Ch. piv. ér.	<i>Artemisia campestris</i>	0-2	+	2	
Ch. piv. sph.	<i>Teucrium Polium</i>	+2	1	2	
Ch. piv. ér.	<i>Ononis ramosissima</i> *	0-+	+	1-2	
G. rh.	<i>Cyperus schœnoides</i> *	0-3	+		
G. rh. ét.	<i>Cynodon Dactylon</i>	0-3	1	2-3	

(1) Association à *Ammophila-Medicago marina* (Braun Blanquet, 1921).

Tableau H. (suite).

Formes biologiques.	NOMS DES ESPÈCES.	Q.		S.	OBSERVATIONS.
		E. M.	M.		
H. r. adv.	<i>Convolvulus Soldanella</i> *	0-2	+	1-2	
G. b. ét.	<i>Crepis bulbosa</i>	0-2	+	2-3	
H. piv.	<i>Polygonum maritimum</i> *	0-1	+	1-2	
Th. piv. ét.	<i>Medicago littoralis</i>	0-2	+	2	
Th. piv. ét.	<i>Tribulus terrestris</i>	0-1	+	1-2	
Ch. piv. ét.	<i>Alyssum maritimum</i>	0-+	+		
Ch. piv. ér.	<i>Aristolochia Clematitis</i>	0-1	+	1	
Ch. piv. ér.	<i>Stachys maritima</i> *	0-2	+	1	
Ch. piv. ros.	<i>Matthiola sinuata</i> *	+ -2	+		
H. piv. ros.	<i>Scabiosa maritima</i>	+ -1	+	1	
H. piv.	<i>Chondrilla juncea</i>	0-+	+	1	
H. piv. ros.	<i>Verbascum sinuatum</i>	0-+	+	1	
H. piv. ros.	<i>Scolymus hispanicus</i>	0-+	+	1	
H. piv. ros.	<i>Hypochaeris radicata</i>	0-1	+	1	
Th. piv. ér.	<i>Plantago arenaria</i>	0-1	+	1	
Th. piv. ér.	<i>Xanthium macrocarpum</i>	0-1	+	1	
Th. piv. ér.	<i>Reseda alba</i>	0-+	+	1	
H. piv. ér.	<i>Glaucium luteum</i>	0-+	+	1	
Th. piv. ét.	<i>Euphorbia Peplis</i> *	0-1	+	1	
Th. piv. ros.	<i>Erodium cicutarium pilosum</i>	0-+	+	1	
Th. piv. ér.	<i>Silene conica</i>	+ -1	1	1	
Th. fasc. ér.	<i>Vulpia uniglumis</i>	1-2	2	1	
Th. fasc. ér.	<i>Koeleria villosa</i> *	1-3	2	1	
Th. fasc. ér.	<i>Bromus maximus ambigens</i> *	1-3	2	1	
Th. fasc. ér.	<i>Scleropoa maritima</i> *	+ -2	1	1	
Th. fasc. ér.	<i>Scleropoa loliacea</i>	0-+	+		
Th. fasc. ér.	<i>Lagurus ovatus</i>	0-+	+	1	
Thalloph.	<i>Montagnites Candollei</i> (1)	0-+	+	1	
Thalloph.	<i>Psilocybe ammophila</i> (1)	0-+	+	1	

(1) Ces deux champignons sont les plus communs de nos dunes. Le *Montagnites* apparaît surtout après les pluies de printemps et le *Psilocybe* surtout après les pluies d'automne. Deux autres espèces, que nous n'avons jamais rencontrées, sont signalées par divers auteurs : Ce sont le *Gyrophragmium Delilei* Mont. et le *Geopyxis ammophila* Dur. En Roussillon le *Bovista ammophila* abonde en septembre sur les graviers de la Salanque littorale.

Voir au sujet des champignons des dunes : Delile, 1820-1840 ; Dunal, dessins inédits ; Fayod, 1889 ; Lagarde, 1912 ; Léveillé, 1848 ; Montagne, 1843 ; Node-Véran, vélins ; de Seynes, 1862 et 1863.

CONCLUSIONS

L'*Ammophiletum* émane dans la grande majorité des cas du *Pro-Ammophiletum* par la collaboration momentanée de l'*Ammophila arenaria* (progressive) et de l'*Agropyrum junceum* (régressive).

L'augmentation de la profondeur de sable due à ces deux édifcatrices de dunes, aboutit à un double résultat floristique : 1° Elle favorise l'extension de certaines plantes préexistant dans le *Pro-Ammophiletum*. 2° Elle provoque l'apparition de nouvelles espèces qui secondent les Graminées édifcatrices dans leur rôle géodynamique, en consolidant le terrain conquis et quelquefois même en aidant un peu à cette conquête. Parmi ces espèces le *Medicago marina* mérite une place de premier plan : il caractérise les débuts de la différenciation floristique de l'*Ammophiletum*.

Les stabilisatrices (*Anthemis maritima* notamment) favorisent l'invasion de toutes les espèces incapables de s'adapter aux variations édaphiques et qui viennent s'installer sur les sables préalablement accumulés et consolidés.

La concurrence vitale devient désormais plus âpre entre ces psammophiles qui ont toutes la même aspiration : occuper le terrain stabilisé. Mais en réalité la lutte demeure modérée pour deux raisons principales : d'abord, les ressources alimentaires sont faibles ; ensuite, l'adaptation aux influences marines entre en jeu. Les psammophiles littorales (1) engageront une lutte facile contre les psammophiles d'origine continentale dont les vents de terre ont apporté les semences. Aussi, n'est-on point étonné de voir un chaméphyte rigoureusement littoral dominer rapidement une végétation continentale et en grande partie monocarpique : le *Crucianella maritima* marque en effet, par sa dominance, la décadence de l'*Ammophiletum* et fait prévoir un nouveau stade dans l'évolution des dunes.

(1) Marquées d'un astérisque dans le tableau H.

CHAPITRE IV

Le *Crucianelletum* et la Dégénérescence des Dunes

SOMMAIRE

Conditions favorables à la dominance du <i>Crucianella maritima</i> . Sa dominance	160
Transformation de l' <i>Ammophiletum</i> en <i>Crucianelletum</i>	162
Différenciation du <i>Crucianelletum</i> . Progression et régression des espèces. Valeur biodynamique des espèces	
Les faciès locaux	165
Diagnose synthétique du <i>Crucianelletum</i>	170

L'apparition du *Crucianella maritima* n'est pas un symptôme floristique suffisant pour caractériser la dégénérescence des dunes ; car cette plante peut prendre pied dans les dunes en pleine évolution ascendante. Mais sa *grande extension* constitue l'un des indices les plus positifs de la décrépitude de nos montilles. Dans une atmosphère aussi agitée que celle de nos rivages méditerranéens français, la hauteur maxima d'une dune n'est acquise qu'après une lutte incessante entre la plante et le flot envahisseur des sables, et l'*Ammophila* arrive presque toujours à élever suffisamment la dune pour que les vents du large soient, à un moment donné, impuissants à l'alimenter en sable. C'est alors la phase critique.

Lorsqu'une dune atteint son stade adulte, les sables se déposent nécessairement sur les pentes amont, enveloppant des *Ammophila* plus basses ou des *Agropyrum* qui seront le point de départ d'une nouvelle dune accolée à la première. Celle-ci est alors en butte, *sans contre-partie*, aux actions destructives qui la prennent à rebours : les Oyats sont peu à peu déchaussés et la mise à nu de leur chevelu radiculaire entraîne la mort progressive de la touffe aérienne. Les sables ne sont plus maintenus et la dune bien individualisée topographiquement, est remplacée par le chaos si caractéristique de nos dunes languedociennes.

Ces événements, se succédant dans le temps pour un point donné, pourraient être représentés théoriquement dans l'espace par deux bandes de terrain d'aspect différent. En amont des vents édificateurs (marins du Languedoc par exemple) se trouverait la zone de rajeunissement incessant dans laquelle s'élaboreraient les premières successions floristiques : le *Pro-Ammophiletum* et l'*Ammophiletum*. En aval de ce cordon de sables blancs (densité faible de la population végétale) se trouverait la zone du *Crucianella maritima*, qui imprime au chaos méditerranéen la physionomie des sables morts du Boulonnais (sable gris).

Pratiquement, ces deux aspects ne sont pas rigoureusement cantonnés en deux bandes littorales parallèles et les courants

éoliens opposés apportent le plus souvent à la répartition théorique, des troubles en rapport avec l'intensité relative des souffles. Le *chaos topographique* gagne fréquemment les jeunes dunes elles-mêmes par des couloirs d'érosion profonde et il peut en résulter un *chaos floristique* voilant la véritable succession des groupements végétaux.

Par la comparaison de tous ces états divers de la surface du sol et de la flore, et par la recherche de leurs causes, on peut arriver à déchiffrer pareil système chaotique : c'est ce que nous allons essayer de faire pour l'ensemble des dunes dégénérées, dominées et envahies par le *Crucianella maritima*.

Nous devons nous préoccuper en premier lieu du stade de passage de l'*Ammophiletum* au *Crucianelletum*. Y a-t-il une démarcation tangible entre les deux stades qui se succèdent ?

Cette démarcation peut se constater par des témoins végétaux exclusivement cantonnés dans l'*Ammophiletum* (espèces exclusives). Nous connaissons sous ce rapport très peu de plantes pouvant être considérées comme de bonnes indicatrices de la phase *Ammophiletum*.

Le *Scleropoa maritima* et l'*Euphorbia Peplis* sont à peu près certains. Le *Medicago marina* s'écarte rarement de la zone des dunes en voie de formation. Il survit quelquefois sous une forme chétive dans le *Crucianelletum* dont il est en tous cas une espèce régressive.

L'*Ammophila* se rencontre à plusieurs kilomètres de la côte, en Camargue, sur des dunes boisées très anciennes (1) où la flore continentale a nettement pris le dessus : mais, il faut bien le reconnaître, cette survivance ne se constate que tout à fait exceptionnellement.

En somme, dans la série des groupements floristiques qui se succèdent au cours de l'évolution des dunes, aucune espèce ne reste rigoureusement cantonnée dans l'*Ammophiletum* et les changements apportés à la composition de la flore sont surtout dus aux espèces qui deviennent régressives dans le *Crucianelletum* (voir graphique 17).

(1) Voir p. 195 : Espèces maritimes régressives.

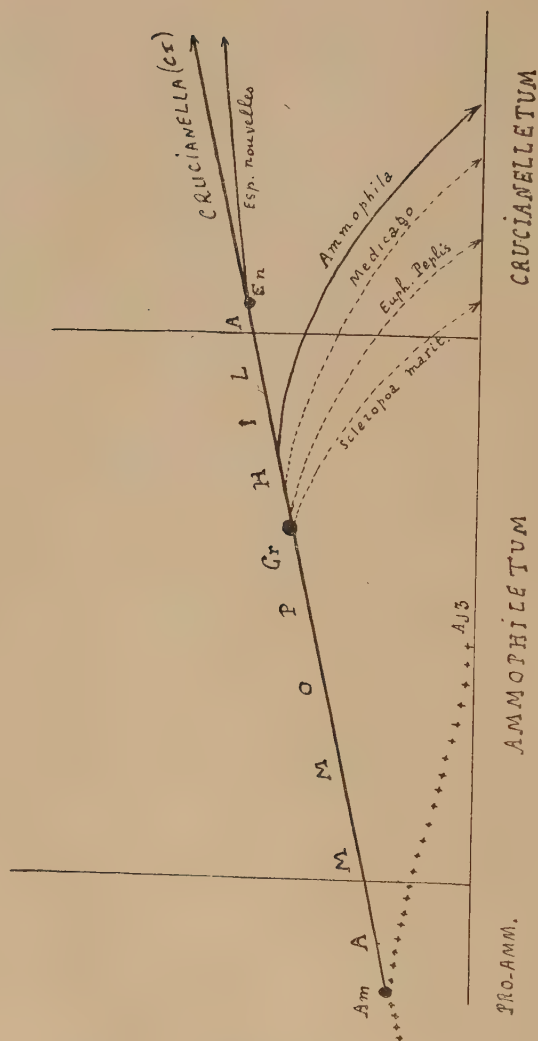


Fig. 17. — Passage de l'Ammophiletum au Crucianelletum.

On voit, d'après ce graphique l'apparition de l'*Ammophila* dans le *Pro-Ammophiletum* (A m) et sa régression à partir du développement (C r) de la Crucianelle. Ses satellites régressent aussi : *Medicago marina* se maintient plus longtemps qu'*Euphorbia Peplis* ; *Scleropoa maritima* disparaît le premier. Enfin la grande extension de la Crucianelle finit par favoriser en En l'apparition et le développement d'espèces nouvelles.

Après ce stade transitoire, la flore du *Crucianelletum* plus ou moins affranchie des vestiges de l'*Ammophiletum*, évolue par la réduction de plus en plus grande des espèces littorales et la prédominance de plus en plus accusée des espèces continentales, pour lesquelles les dunes en formation constituent une protection réelle contre certaines influences marines (embruns).

Cette différenciation floristique est une œuvre de longue haleine. La régression des espèces de l'*Ammophiletum* est parfois très lente, ainsi que la réduction des espèces littorales. Il est difficile dans ces conditions, de caractériser floristiquement le stade *Crucianelletum* qui émane par degrés insensibles de l'*Ammophiletum* et dont les espèces non préexistantes ne peuvent être d'aucun secours pour le phytogéographe en raison de leur rareté. Ainsi l'*Orlaya maritima* (Carnon), sa variété *macrocarpa* (lido de Roquehaute) ne se rencontrent que dans les dunes à Crucianelles abondantes, c'est-à-dire sur des sables anciens ; mais ils jouent un rôle médiocre dans la pratique des diagnoses parce qu'ils sont très localisés.

* * *

Au point de vue dynamique, les espèces n'ont pas une influence égale. A partir du moment où la dune cesse de croître, la lutte pour l'existence prend des caractères nouveaux. C'est d'abord le milieu édaphique qui se détruit : les réactions de la plante à cet égard ne sont pas difficiles à mettre en évidence et l'on conçoit aisément la possibilité d'une hiérarchie des espèces basée sur elles. Cependant, le problème se complique ici plus encore que dans l'*Ammophiletum*, par la lutte qui s'engage entre les psammophiles d'origine continentale et les psammophiles littorales.

Sur les dunes adultes, les érosions éoliennes prennent vite le dessus et la stabilisation de l'*Ammophiletum* y est essentiellement transitoire parce que les plantes à organisation prohibitive y sont peu nombreuses. Autant l'édification d'une dune par l'*Ammophila* est ménagée, autant la destruction peut en être brutale. Si l'Oyat permet le développement de beaucoup d'espèces sur les plages qu'il transforme, ses satellites

l'abandonnent dans sa détresse ou meurent avec lui sans pouvoir atténuer le déchaussement des organes souterrains.

Il n'en est plus de même pour la végétation qui s'installe sur les ruines de ces dunes. Les plantes dotées d'une organisation analogue à celle du *Teucrium Polium* peuvent empêcher localement les attaques des vents destructeurs. Mais en réalité, la véritable défense est d'ordre collectif. En effet, la dune est attaquée par à-coups violents. Lorsque le point d'attaque est entamé, les vents moyens, aidés de la pesanteur, peuvent contribuer au nivellement. Mais les sautes violentes sont peu

Tableau I. — Faciès *Echinophora spinosa* sur les dunes remaniées artificiellement) de Rafalino — 19 juillet 1921.

NOMS	Q.	S.
<i>Echinophora spinosa</i>	4	3
<i>Medicago marina</i>	3	3
<i>Scleropoa maritima</i>	2-3	1
<i>Anthemis maritima</i>	2-3	2-3
<i>Vulpia uniglumis</i>	2-3	1
<i>Helichrysum Stœchas</i>	1	1-2
<i>Ammophila arenaria</i>	+	1
<i>Agropyrum junceum</i>	+	1
<i>Crucianella maritima</i>	+	1

nombreuses dans le cours d'une année entière et d'une bourrasque à l'autre, des végétaux peuvent s'installer sans avoir l'organisation du *Teucrium Polium*. C'est ainsi que le *Crucianella maritima*, si envahissant, prend rapidement pied sur des terrains qui viennent d'être bouleversés. Sa sociabilité individuelle n'est pas considérable et son organisation défensive réside uniquement dans son pivot puissant : il ne lutte donc pas contre le déchaussement par ses propres réactions, mais il y remédie amplement par son aptitude à se grouper. Cette sociabilité collective devient alors un obstacle sérieux à la destruction du substratum. Le *Crucianella* arrive de la sorte à prendre une importance plus grande que le *Teucrium* malgré la sociabilité individuelle plus considérable de ce dernier (touffes très denses et plus étendues pour un même individu).

La sociabilité collective est très importante dans les milieux stabilisés : elle est l'indice, pour une même espèce, d'une grande vigueur et doit être considérée comme une victoire dans la lutte pour l'existence.

Cependant, le *Crucianella maritima* n'est pas toujours victorieux : dans des circonstances exceptionnelles, d'autres végétaux peuvent envahir la dune dégénérée et imprimer ainsi au stade *Crucianelletum* un véritable faciès floristique local. L'*Helichrysum Stæchas* prend fréquemment le dessus (Nord du Grau-du-Roi) ailleurs, l'*Echinophora spinosa* (tableau I) (Rafalino), l'*Euphorbia Paralias*, le *Cakile maritima* (la Félicité), l'*Alyssum maritimum*, etc... Nous ne pouvons signaler tous les faciès localisés ; il faut en rechercher, dans chaque cas particulier, l'explication sur le terrain même.

Généralement dues aux remaniements cultureux ou au pâturage, ces variations peuvent cependant être naturelles. Nous avons vu le *Cyperus schœnoides* prendre ainsi spontanément aux abords de l'étang de Saint-Nazaire, un développement inaccoutumé. L'*Helichrysum Stæchas* est spontanément envahissant au Nord du Grau-du-Roi où, sans changer la *physionomie* du *Crucianelletum* il lui imprime un faciès floristique remarquable. Cependant, lors de la floraison il modifie aussi la physionomie, mais dès que la floraison est terminée, la teinte grisâtre générale du *Crucianelletum* réapparaît, succédant à un jaune éclatant de moindre durée. Quoiqu'il en soit, les envahissements de toutes ces *progressives locales* du *Crucianelletum* marquent toujours une dégradation très accusée et ne se généralisent jamais. Dans l'ensemble des dunes du Golfe du Lion ils n'enlèvent donc pas à la Crucianelle son rôle sociologique prédominant ; on peut l'affirmer : entre tous les végétaux participant à la différenciation du *Crucianelletum*, elle présente la plus grande aptitude à la sociabilité collective.

Nous sommes ainsi amenés à considérer le rôle dynamique des autres espèces, non pas dans des conditions accidentelles favorables à une dominance locale, mais dans les conditions générales pouvant expliquer leur comportement normal.

L'organisation prohibitive est rarement réalisée. Nous pou-

vons citer à cet égard le *Teucrium Polium*, l'*Alyssum maritimum*. Mais, en dehors de ces cas, d'autres plantes sont capables de circonscrire les points d'attaque; en étalant sur le sol des rameaux serrés, comme le font le *Clematis Flammula*, le *Centaurea aspera* et souvent l'*Artemisia campestris*. Lorsque le substratum est difficilement remanié, comme sur le littoral du Roussillon, l'*Ephedra distachya* étale ses rameaux en un lacis inextricable, sur plusieurs dizaines de mètres carrés. Dans cette région, son comportement géodynamique, identique à celui de la Clématite des dunes, lui permet de prendre le dessus partout où il est.

Nous ne connaissons pas, dans nos dunes, d'autres végétaux ayant la possibilité de recouvrir le sol sur d'aussi grandes surfaces par le simple jeu de leur sociabilité individuelle. La surface protégée est souvent inférieure au mètre carré : le *Scrofularia canina humifusa*, le *Kochia prostrata*, le *Corrigiola telephüifolia* sont les plus répandues de ces formes étalées réduites, mais elles sont spéciales au Roussillon.

Ce sont les Chaméphytes buissonnants ou en touffe qui se rencontrent le plus fréquemment : *Crucianella maritima*, *Anthemis maritima*, *Teucrium Polium*, *Helichrysum Staechas*, *Eryngium maritimum*, *Echinophora spinosa*, *Euphorbia Paralias*, *Ononis ramosissima*, *Ononis natrix*, *Alyssum maritimum*, *Artemisia campestris*.

Les plantes à organisation défensive jouent un grand rôle dans les remaniements des ruines de l'*Ammophiletum*, en prolongeant l'existence du *Crucianelletum*. Nous connaissons déjà sous ce rapport l'*Ephedra distachya* et le *Rumex tingitanus* dont les rameaux déchaussés pendent le long des parois en butte aux érosions. Ils ont la possibilité de s'y enraciner rapidement (phot. 14-15) et fixent ainsi de nouveau les pentes des dunes pendant les périodes d'accalmie atmosphérique. C'est à la faveur de ces fixations momentanées que les plantes annuelles peuvent germer parfois sur les pentes mêmes. Si pendant l'été le Mistral souffle modérément, la flore du *Crucianelletum* peut reprendre le dessus sur les érosions et les pentes reçoivent une nouvelle protection contre les attaques futures.

Telles sont les qualités biodynamiques des végétaux qui con-

stituent le *Crucianelletum*, qualités en rapport avec leurs valeurs géodynamiques. L'habitude s'est introduite dans certains ouvrages de Phytogéographie d'apprécier la valeur dynamique des espèces suivant des échelles numériques. La chose est possible à condition de comparer des plantes ayant des aptitudes

Tableau J. — Spectre bio-Sociologique de l'association à *Ammophila-Medicago marina* (Braun-Blanquet). — (Classement des espèces d'après leur valeur sociologique). (8)

Formes biologiques. (1)	NOMS.	Valeur dynamique. (2)	Constance. (3)	Quantité. (4)	Sociabilité. (5)	Valence. (6)
G. rh.	<i>Ammophila arenaria</i>	18	3	3	3	29
Ch.	<i>Medicago marina</i>	3	5	1	2	11
Ch.	<i>Anthemis maritima</i>	3	5	1	2	11
Ch.	<i>Crucianella maritima</i>	3	5	1	2	11
G. rh.	<i>Agropyron junceum</i>	3	3	1	2	9
Ch.	<i>Euphorbia Paralias</i>	2	5	1	1	8
H.	<i>Echtnophora spinosa</i>	2	5	1	1	8
H.	<i>Eryngium maritimum</i>	2	5	+	1	7
Ch.	<i>Malcolmia littorea</i>	2	4	1	1	7
T.	<i>Scleropoa maritima</i>	0	5	+	1	6
T.	<i>Vulpia uniglumis</i>	0	4	+	1	5
T.	<i>Cakile maritima</i>	0	4	+	1	5
T.	<i>Koeleria villosa</i>	0	4	+	1	5
G. b.	<i>Pancratium maritimum</i>	0	3	+	1	4
Ch.	<i>Helichrysum Stæchas</i>	0	3	+	1	4
G. rh.	<i>Sporobolus pungens</i>	0	2	+	1	3
Total des Valences (7).						133
						100 o/o

semblables sur des milieux semblables. L'*Ephedra distachya* par exemple ne peut être comparé au *Teucrium Polium*, son rôle étant beaucoup plus tardif. Au début des attaques éoliennes, la Labiée joue le rôle important mais peu à peu, si son pivot

(1) Wuchsform nach Raunkier ; (2) Dynamischer Wert ; (3) Konstanz ; (4) Mengenverhältnis ; (5) Soziabilität ; (6) Valenzzahlen ; (7) Valenzzahlen total ; (8) Braun-Blanquet [1921].

est sapé par la pointe, la nappe des racines adventives s'écroule, entraînant avec elle toutes les frondes aériennes. A partir de ce moment l'*Ephedra* entre en jeu, dans sa zone d'influence, pour maintenir le *Crucianelletum*. Ces faits ne peuvent s'exprimer par des chiffres ou par des signes conventionnels correspondants à des chiffres.

Dans son « spectre biosociologique » de l'association à *Amophila-Medicago marina*, M. Braun-Blanquet [1921] établit une hiérarchie des valeurs dynamiques (= biodynamiques) d'un certain nombre d'espèces (tableau J). Il donne à un chaméphyte (*Helichrysum*), à un géophyte à rhizome (*Sporobolus*) et à un géophyte à bulbe (*Pancratium*) le même « dynamischer Wert » qu'aux thérophytes, placés même avant eux dans son tableau. Or, si l'on compare la colonne des valeurs dynamiques avec celle des constances, on s'aperçoit que le classement des espèces est basé avant tout sur la conception statique de la constance. M. Braun-Blanquet donnant *un seul tableau*, pour la dynamique et la statique, il était forcément difficile de faire cadrer ces deux points de vue l'un avec l'autre. Nous pensons que les coefficients statiques doivent être subordonnés aux coefficients dynamiques : il semble bien que M. Braun-Blanquet ait eu la même préoccupation en plaçant la première la colonne des valeurs dynamiques. Mais nous ne sommes pas du même avis dans l'appréciation de ces valeurs dynamiques.

Sur les dunes les plantes vivaces ont toujours une valeur dynamique supérieure à celle des espèces annuelles, pour plusieurs raisons. 1° L'organisation des thérophytes vis à vis du maintien du substratum ne vaut que par leur densité et il faut souvent beaucoup d'individus de thérophytes (Graminées) pour jouer à ce point de vue le rôle d'un seul chaméphyte. 2° Le rôle des thérophytes est toujours transitoire. 3° Ce rôle est joué pendant la période estivale correspondant aux calmes de l'atmosphère. 4° A surface égale (*Cakile* (th.) et *Helichrysum* (Ch.) par ex.) le rôle d'un chaméphyte est donc plus important que celui d'un thérophyte.

En somme, au-dessus de la constance ou de la fidélité [Pavillard, 1922] simples coefficients de présence, il y a la valeur dynamique et surtout la constance de cette valeur dynamique

c'est-à-dire la *permanence de l'action géodynamique et par contre-coup biodynamique*.

Il nous paraît par conséquent logique de reléguer les thérophytes du *Crucianelletum* au rang de *neutres*, tout comme ceux de l'*Ammophiletum*. Ils doivent leur extension aux actions préalables des plantes vivaces sur le milieu. On s'en rend compte en supposant l'appareil dunal du Golfe du Lion dépourvu de toute végétation, comme c'est le cas pour certaines dunes du Golfe de Gascogne. Le développement des thérophytes serait alors exclusivement lié à une auto-stabilisation des sables en rapport avec les variations d'intensité des vents. Or, d'une part, les dunes très mobiles des côtes gasconnes sont dépourvues de végétation (D. du Pilat), et d'autre part nos dunes de plages (voir p. 73) méditerranéennes ne portent que *de loin en loin* des touffes de *Cakile* ou de *Salsola* thérophytes.

*
* *

Ces considérations générales, nous ont guidé pour établir la diagnose synthétique du *Crucianelletum* (voir tableau K). En raison du grand nombre d'espèces communes avec l'*Ammophiletum*, nous avons fait ressortir la valeur progressive ou régressive des espèces en indiquant leur fréquence dans les deux phases (colonnes de gauche : *Ammophiletum* et colonnes de droite : *Crucianelletum*).

Nous avons également indiqué les espèces préexistantes et non préexistantes dans le même tableau.

Tableau K. — Diagnose synthétique du *Crucianelletum*.

Ammophiletum = Q.		CRUCIANELLETUM.	Q = Crucianelletum.	
E-M	M		E-M	M
Régressives.				
3-4	4	<i>Ammophila arenaria</i>	0-2	+
+ -2	2	<i>Medicago marina</i>	0-2	+
+ -2	1	<i>Scleropoa maritima</i>	0-2	+
0-1	+	<i>Polygonum maritimum</i>	0-+	+
0-1	+	<i>Euphorbia Peplis</i>	0-+	+
Espèces à variations quantitatives peu appréciables.				
1-2	2	<i>Euphorbia Paralias</i>	1-2	2
1-3	2	<i>Echinophora spinosa</i>	1-4	2
1-2	1	<i>Eryngium maritimum</i>	+ -2	1
0-4	2	<i>Anthemis maritima</i>	0-4	2
+ -2	2	<i>Malcomia littorea</i>	+ -2	2
0-2	+	<i>Convolvulus Soldanella</i>	0-2	+
0-2	+	<i>Stachys maritima</i>	0-2	+
+ -3	2	<i>Cakile maritima</i>	1-3	2
+ -2	1	<i>Salsola Kali</i>	+ -2	1
0-3	+	<i>Cyperus schænoïdes</i>	0-1	+
0-3	1	<i>Cynodon Dactylon</i>	+ -3	1
0-1	+	<i>Xanthium macrocarpum</i>	0-1	+
0-1	+	<i>Hypochaeris radicata</i>	+ -1	+
+ -1	1	<i>Silene conica</i>	+ -1	1
1-3	2	<i>Vulpia uniglumis</i>	1-3	2
1-3	2	<i>Koeleria villosa</i>	1-3	2
1-3	2	<i>Bromus maximus ambigens</i>	1-3	2
0-+	+	<i>Scleropoa loliacea</i>	0-+	+
0-+	+	<i>Montagnites Candollei</i>	0-+	+
0-+	+	<i>Psilocybe ammophila</i>	0-+	+
Progressives.				
0-3	2	<i>Crucianella maritima</i>	1-4	3
+ -2	1	<i>Helichrysum Stæchas</i>	+ -3	2
+ -2	1	<i>Teucrium Polium</i>	+ -3	2
0-2	+	<i>Artemisia campestris</i>	+ -1	+
0-+	+	<i>Ononis ramosissima</i>	0-1	+
+ -2	1	<i>Centaurea aspera</i>	+ -2	2
0-2	+	<i>Clematis Flammula</i>	+ -2	1

0-2	+	<i>Medicago littoralis</i>	+3	1
0-1	+	<i>Tribulus terrestris</i>	0-1	+
0-+	+	<i>Alyssum maritimum</i>	+2	1
+1	+	<i>Pancreatium maritimum</i>	1-2	1
0-2	+	<i>Crepis bulbosa</i>	0-3	1
0-1	+	<i>Aristolochia Clematitis</i>	0-+	+
0-2	+	<i>Matthiola sinuata</i>	+2	1
+1	+	<i>Scabiosa maritima</i>	+1	1
0-+	+	<i>Verbascum sinuatum</i>	+1	+
0-+	+	<i>Scolymus hispanicus</i>	0-1	+
0-+	+	<i>Chondilla juncea</i>	+1	1
0-1	+	<i>Plantago arenaria</i>	+2	1
0-+	+	<i>Reseda alba</i>	0-1	+
0-+	+	<i>Glaucium luteum</i>	0-1	+
0-+	+	<i>Erodium cicutarium pilosum</i>	+1	+
0-+	+	<i>Lagurus ovatus</i>	0-2	1
<i>Xanthoria (Parmelia) parietina</i> (1)				

Formes biologiques.	Espèces non préexistantes.	Q.		S.
		E-M	M	
H. ét.	<i>Ephedra distachya</i>	0-3	+	3-4
Th. fasc. ér.	<i>Phleum arenarium</i>	0-2	1	1
Th. fasc. ér.	<i>Scleropoa hemipoa</i>	0-1	+	1
Th. piv. dif.	<i>Orlaya maritima</i>	0-+	+	1
Ch. piv. ér.	<i>Rumex tingitanus</i> (2)	0-1	+	2
Ch. piv. dif.	<i>Coris monspeliensis</i> (2)	0-+	+	1
Th. piv. ros	<i>Hypochaëris glabra</i>		+	1
Th. piv. ros	<i>Draba verna</i>		+	1
Th. ér.	<i>Lamium amplexicaule</i>		+	1
G. b.	<i>Allium polyanthum</i>		+	1
H. ér.	<i>Asparagus officinalis</i>		+	1-2

(1) Ce lichen prend une extension considérable sur les écorces rugueuses du *Crucianella maritima* surtout, aussi est-il peu développé dans l'*Ammophiletum*. Par sa couleur vive, d'un jaune doré, il imprime un cachet très spécial au *Crucianelletum* dont il est même un bon indicateur pour les régions où les arbustes (genévriers, phillyreas, etc...) font défaut : Par exemple entre le Grau du Roi et Cette, et surtout entre Palavas et Carnon où le faciès lichénique du *Crucianelletum* est particulièrement marqué.

(2) Espèces très localisées.

CHAPITRE V

Destruction du Cruciannelletum et Régénérescence de l'Ammophiletum

SOMMAIRE

L'érosion éolienne : les caoudeyres.....	174
L'érosion marine : les fausses-caoudeyres.....	177
La flore des bas-fonds humides : la <i>Scirpetum</i>	178
Le monticule central et le <i>Pro-Ammophiletum</i>	181

* * *

Conclusions à l'évolution générale des dunes : le cycle de l' <i>Ammo-</i> <i>phila</i>	187
--	-----

§ 1). *Les Caoudeyres*

Les végétaux du *Crucianelletum* constituent, dans leur ensemble une flore xérophile. Jusqu'ici, nous avons considéré seulement le « conditionnement moyen » qui préside à l'évolution de l'appareil dunal, c'est-à-dire, qu'en ce qui concerne les vents en particulier, nous avons envisagé des vitesses ne dépassant pas 15-20 ^m à la seconde. Dans ces limites, le *Crucianelletum* est bouleversé sur place, mais il y a une alternance entre les déchaussements et la réoccupation du terrain perdu, corespondant, respectivement, aux bourrasques et aux accalmies atmosphériques.

Lorsque les vents sont plus violents, les points d'attaque sont multipliés et la zone érodée peut atteindre des profondeurs considérables. Il en résulte, la pesanteur aidant, une érosion en entonnoir à parois très inclinées ($\geq 45\%$) et pouvant atteindre, sur le lido languedocien, 5 à 6 mètres de profondeur, c'est-à-dire toute la hauteur des dunes (d'où la mise à nu du socle dunal).

Des entonnoirs analogues, d'origine éolienne, ont été décrits dans les Landes par MM. Edouard et Jacques Harlé [1920] dans leur mémoire sur les dunes de Gascogne. Ces auteurs leur ont donné le nom de *Caoudeyres* (1).

Nous passerions sous silence, dans la présente étude, ce mode d'érosion de nos dunes, s'il ne devait pas avoir une répercussion importante sur la composition du tapis végétal : le creusement de l'appareil dunal à de si grandes profondeurs a pour résultat de mettre à nu la nappe humide et favorise de la sorte l'installation d'une flore plus ou moins hygrophile en plein *Crucianelletum*.

D'autre part, ces phénomènes de « caoudeyrisation » n'ont jamais été signalés jusqu'ici autour du Golfe du Lion. Il ne faut

(1) Marmite, dans la langue gasconne (Harlé, 1920, p. 15).

pas perdre de vue que la Géographie et plus particulièrement la Géographie Physique est l'un des appuis les plus précieux de la Phytogéographie. Si les végétaux nous ont permis de comprendre l'édification de l'appareil dunal, la destruction de cet appareil a nécessairement des répercussions sur la flore ; c'est une preuve nouvelle de l'influence profonde exercée par le géodynamisme sur la répartition des êtres vivants. Il n'est donc pas inutile de préciser en quelques lignes le mécanisme de la destruction totale des dunes sur un point donné, c'est-à-dire la formation des caoudeyres.

« Quand le sable mobile est couvert d'une épaisse végétation, le vent, ne pouvant l'atteindre, ne peut le déplacer : le sable est fixé. Si la végétation est légère ou discontinue, l'action du vent est gênée il est vrai de manière à ne pouvoir produire un effet d'ensemble, mais elle peut s'exercer localement. Souvent, dans ce cas, le vent réussit à entamer le sable en un point où les plantes sont plus espacées qu'ailleurs ; il y creuse un trou ; les parois de ce trou étant libres de toute végétation, le vent en déblaye facilement le sable ; les plantes qui l'entourent, attaquées par dessous, ne sont ni obstacle, ni gêne à ce déblai ; et le petit trou du début grandit en une vaste excavation dont le vent rejette les déblais en avant et latéralement, la bordant ainsi par un remblai en forme de demi-circonférence allongée ou ellipsoïde entrouverte, dont les pointes sont dirigées vers le côté d'où vient le vent.

« J'ai proposé pour cette sorte d'excavations, déblai et remblai, le nom de *caoudeyre*, par lequel j'en ai entendu désigner plusieurs, et qui, dans la langue gasconne du pays, signifie *marmite*. La partie avant pourrait recevoir le nom de *tête*. Généralement (pas toujours) le remblai augmente de hauteur et d'importance depuis les pointes jusqu'à la tête. » (Ed. et J. Harlé [1920], pp. 14-15.)

Des faits très analogues se produisent entre Palavas et le Grau-du-Roi. Les caoudeyres bien développées ne se rencontrent pas ailleurs entre les Pyrénées et le Cap Couronne. Il paraît donc y avoir un rapport très étroit entre cette localisation et l'orientation du lido perpendiculairement à la direction du

Mistral. On en retrouve des traces sur le littoral de Roquehaute orienté de la même manière, mais où les dunes sont beaucoup moins développées. La faible largeur du lido, entre

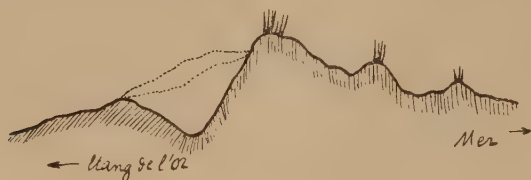
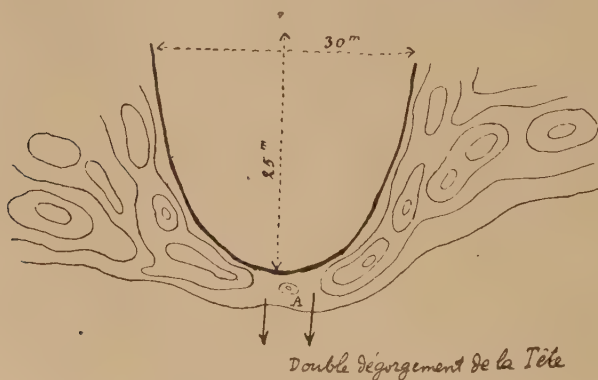


Fig. 18. — Caoudeyre de Carnon (rive gauche). Profil voir phot. n° 8.

les étangs et la mer, ne permet en aucun cas la formation de caoudeyres dépassant 50 m de diamètre. MM. Harlé signalent au contraire des marmites de 1 kilomètre de long (à 8 kilomètres au S-E de Rion).

On rencontre dans le département de l'Hérault tous les stades de formation des caoudeyres depuis l'entonnoir parfait jusqu'à la forme plus ou moins parabolisée.

L'entonnoir le plus remarquable se trouve à 400 m environ



Caoudeyre de Mas de Maurice.

Fig. 19. — Caoudeyre de Mas de Maurice. — Plan.

à l'Est du Grau artificiel de Carnon. Il est en voie d'ouverture par l'érosion de ses parois les plus continentales (fig. 18 et phot. 8). Il atteint près de 5 mètres de profondeur.

Un entonnoir plus évolué se trouve entre Palavas et Carnon (fig. 19), aux abords immédiats du Mas de Maurice (carte E.-M.

1/80.000). Les parois les plus continentales, en butte directe au Mistral ont complètement cédé et la forme est d'allure parabolique. De la pointe des remblais à la tête la caoudeyre mesurait 25^m en 1921 ; il y avait près de 30^m entre les deux remblais. La tête entamée dès 1920, présentait en 1922 deux dégorgements de part et d'autre d'une grande touffe d'*Ammophila*. (A, phot. 9-10.)

La forme parabolique en est évidemment le stade le plus évolué. Les dégorgements sont liés à l'intensité des vents et, par tempête, ils peuvent être apparents en vingt-quatre heures. Or, si les tempêtes les plus violentes sont d'origine montagnarde, il y en a cependant aussi de très fortes venant de l'Est. De sorte qu'une caoudeyre pourra porter l'empreinte de ces actions successives, par l'orientation de ses dégorgements. Nous reproduisons (phot. 11) un dégorgement créé par vent d'Est.

Le grand formateur de caoudeyres demeure le Mistral, si bien que dans la grande majorité des cas, les déchets du dégorgement sont rejetés vers la plage. (phot. 10).

§ 2). *Les fausses Caoudeyres*

Il existe sur notre lido languedocien des dunes dont les parois, sapées à la base par la mer, offrent le même aspect que les parois de caoudeyres. Mais il n'y a pas de dégorgement et l'orientation générale des parois permet de ne pas confondre les deux modes d'érosion. Cependant, il arrive que les flots après avoir franchi une première fois les dunes, ne repassent plus par le même trajet et alors les dunes de barrage frontal (v. fig. 20) peuvent obturer le point d'invasion primitif. Il peut subsister pendant un certain temps, une différence d'altitude entre ces dunes récentes et les anciennes, mais le doute sur l'origine de l'entonnoir ainsi créé ne peut être levé lorsque les dunes de barrage sont anciennes.

Il existe une autre cause d'erreur dans l'interprétation du « chaos caoudeyrisé » : La phot. n° 12 montre un dégorgeant (D) provoqué par le Mistral et envahi lui-même à nouveau par une dune (D N) en voie de formation. Plus tard, si le dégorgeant ne reprend plus le dessus, l'entonnoir *ainsi rajourné* aura l'aspect d'une caoudeyre récente, non encore dégorgée, alors qu'en réalité il sera très ancien.

Ces troubles apportés à la caoudeyrisation normale, peuvent très souvent être décelés par la flore : la phot. 12 montre par exemple une incursion très nette d'un *Ammophiletum* jeune vers des parois très érodées (c) et surtout

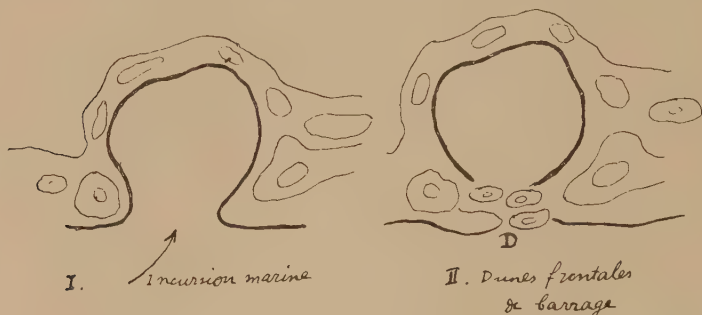


Fig. 20. — Fausse caoudeyre due à l'érosion marine.

vers la flore spéciale des bas-fonds de caoudeyre, dans laquelle les incur-
sions d'une végétation xérophile sont toujours très faciles à mettre en
évidence.

§ 3). *Végétation des bas-fonds humides*⁽¹⁾

L'étude de l'installation de cette flore est assez complexe, car il y a, pour chaque bas-fond, des conditions locales man-
quant parfois à quelques mètres de là : la nappe salée a un
niveau très variable ; la mise à nu du sol humide porte tantôt

(1) Il ne s'agit ici que des bas-fonds provenant de l'érosion (éolienne ou marine) de l'appareil dunal. Il ne sera donc pas traité de la flore des « baisses », vastes territoires humides situés entre les cordons de dunes (Terre-Neuve, pannes de Belgique).

sur des assises de galets, tantôt sur des sables fins, etc..., etc...

Ces bas-fonds ont deux origines possibles : l'érosion éolienne (caoudeyre) et l'érosion marine (fausse caoudeyre). Les caoudeyres sont généralement situées sur la partie continentale de l'appareil dunal, près des étangs. Les fausses caoudeyres au contraire sont ou ont été en relation intermittente avec la mer. Il conviendrait donc, semble-t-il, de faire la part des bas-fonds visités par la mer et des bas-fonds échappant à toute incursion marine. Or, *les deux sortes de bas-fonds peuvent héberger une flore identique, quelle que soit leur origine, si les conditions de salinité du sol sont les mêmes*. On peut donc se contenter de distinguer : 1° les bas-fonds salés ; 2° les bas-fonds lavés par les eaux de pluie ou dont l'eau douce provient des dunes environnantes (1).

Dans tous les cas la plante dominante est le *Scirpus Holoschœnus* (2). Elle caractérise un ensemble floristique bien individualisé : le *Scirpetum Holoschœni*.

Est-ce le pionnier ? non, vraisemblablement. Les cryptogames paraissent jouer ici ce rôle : 2 mousses psammophiles (*Trichostomum flavovirens* (3), *Bryum pendulum*) (4) bien vertes au printemps mais plus ou moins desséchées en été tapissent ces bas-fonds sur de grandes surfaces. On les trouve presque toujours associées au petit *Juncus bufonius*, et parfois même au *Plantago crassifolia*, nettement halophile. Elles ont donc une plasticité édaphique assez considérable qui peut expliquer leur constance.

(1) Voir à ce sujet nos préliminaires analytiques.

(2) Le *Scirpus Holoschœnus* est essentiellement polymorphe. Sur le littoral, les capitules d'épillets sont *généralement* gros et sessiles. Tant que des expériences précises n'auront pas élucidé le problème des variétés *admisses*, [Rouy, 138], nous considérerons les variations de cette espèce comme dues à un polymorphisme stationnel.

(3) « Cette espèce est assez répandue sur tout le littoral français et belge, sur les sables des dunes, tout en étant plus développée et plus fréquente sur le littoral méditerranéen. » Ch. Meylan, in litt., 1922.

(4) « Espèce répandue dans toutes les régions, du bord de la mer jusque sur les hauts sommets. Boulay l'indique comme abondant sur les dunes fixées. » Ch. Meylan (in litt.) à qui nous adressons nos remerciements bien vifs pour ses déterminations et ses renseignements.

Les meilleurs indicateurs de la salinité sont avec le *Plantago crassifolia*, divers *Statice*s et notamment le *S. bellidifolia*.

Voici le groupement végétal type d'un bas-fond salin :

Formes biologiques.		Q.		S.
		E-M	M	
G. rh. ét.	<i>Scirpus Holoschænus</i>	1-4	2	3
H. ér.	<i>Juncus acutus</i>	+4	2	2
H. ér.	<i>Schænus nigricans</i>	+2	1	2
H. ét.	<i>Plantago crassifolia</i>	+4	2	2
H. ros.	<i>Statice bellidifolia</i>	0-1	+	1
H. ros.	<i>Statice virgata</i>	0-1	+	1
Th. ér.	<i>Juncus bufonius</i>	+2	2	1
Bryoph	<i>Trichostomum flavovirens</i>	+4	2	1
Bryoph	<i>Bryum pendulum</i>	+4	2	1

Les groupements des bas-fonds non salins diffèrent qualitativement par l'absence du *Plantago crassifolia* et des *Statice*s.

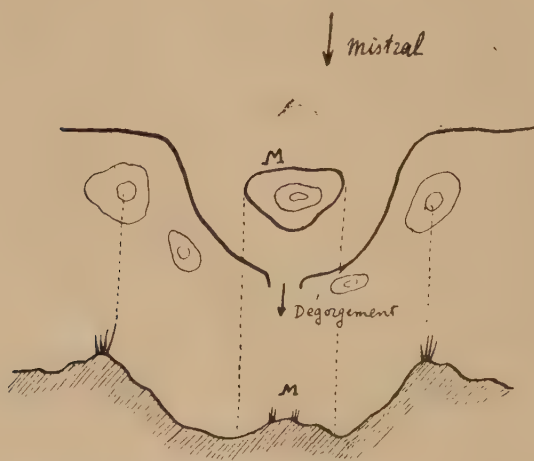


Fig. 21. — Un monticule central (M) dans une caoudeyre.

Quantitativement, ils peuvent être représentés de la même manière pour les espèces communes.

Cette flore indique un stade de jeunesse du bas-fond, car elle s'installe dès que le creusement des dunes leur procure une humidité suffisante.

Lorsque le bas-fond, plus évolué topographiquement, est largement ouvert d'un côté, il se forme vers le milieu de la cuvette une sorte de monticule sableux. Celui-ci n'est pas en rapport avec la végétation : il résulte d'actions purement mécaniques. Le sable qui le forme provient des parois érodées au pied desquelles une zone de remous renvoie les produits de l'érosion éolienne vers le centre (4). Ceci explique comment on peut rencontrer un *monticule central*, dans des excavations ouvertes vers les étangs et ne recevant pas, par conséquent, de sable nouveau (fig. 21).

Voici maintenant un bas-fond à monticule central bien développé, dont la flore indique une évolution plus avancée. Il



Fig. 22. — Un monticule central vers la mer (fausse caoudeyre).

s'agit d'une excavation largement ouverte vers la mer (fig. 22) et visitée par elle pendant les tempêtes, entre Carnon et Palavas, un peu à l'Est du hangar d'Espous. Sur les parois dénudées sortent de loin en loin les organes souterrains mortifiés des Oyats qui les couronnent. En avant de ces parois se trouvent deux zones : au centre, un monticule de sables secs et tout autour du monticule un bas-fond humide.

(4) Voir à ce sujet nos préliminaires (p. 79) sur la perméabilité des obstacles. Les parois constituent ici un obstacle imperméable.

1° Sables humides

	q.	s.
<i>Scirpus Holoschoenus</i>	2-3	2-3
<i>Juncus acutus</i>	2-3	2-3
<i>Plantago crassifolia</i>	2	2
<i>Juncus bufonius</i>	1-2	1
<i>Trichostomum flavovirens</i>	1-2	1-2
<i>Asparagus scaber</i>	+	1
<i>Convolvulus sepium</i>	+	1-3
<i>Carex extensa</i>	+	1-2
<i>Melilotus alba</i>	+	1-3
<i>Koeleria (Avenaria) Michellii</i>	+	1
<i>Artemisia campestris</i> (mort)	1	1

Nous retrouvons là dans les 5 premières plantes les habituées des bas-fonds de dunes. Suit une série d'espèces : les trois premières révèlent une station fraîche, les 3 dernières peuvent se rencontrer sur des sables plus secs (Sylve Réal). Quant à la mort de l'*Artemisia campestris* elle est vraisemblablement due à une salinité trop prolongée pour cette espèce du *Crucianellum*, accidentellement introduite.

2° Monticule central (sables secs)

<i>Ammophila arenaria</i>	+	1
<i>Cynodon Dactylon</i>	+	1
<i>Malcolmia littorea</i>	+	1
<i>Ononis ramosissima</i>	1-2	1
<i>Crucianella maritima</i> (mort)	+	1
<i>Teucrium Polium</i> (mort)	+	1
<i>Artemisia campestris</i> (mort)	+	1
<i>Silene conica</i>	+	1
<i>Erigeron canadense</i>	+	1
<i>Koeleria villosa</i>	1-2	1
<i>Vulpia uniglumis</i>	1-2	1
<i>Statice bellidifolia</i>	+	1
<i>Trichostomum flavovirens</i>	1	1



Formation des Caudeyres et du monticule central

Fig. 23. — Formation des Caudeyres et du monticule central.

I. Point d'attaque du mistral. — II. Formation de l'entonnoir. — III. Nivellement de la lèvre amont de l'entonnoir (parfois dégorgeement aval). — IV. Parabolisation sur place par nivellement accentué de la lèvre amont et de la persistance des deux remblais (branches) en pointillé. Installation d'une flore plus ou moins hygrophile. — V. Formation du monticule central (flore psammophile xérophile). — VI. Nivellement progressif de la tête. Chaos final.

La présence de l'Oyat est particulièrement instructive. Le monticule central est le point de départ d'une nouvelle dune qui se développera en avant des pentes érodées, si la mer ne la détruit pas : nous sommes ramenés, après une destruction partielle de l'appareil dunal, à une édification nouvelle qui relève des mêmes procédés que les dunes de comblement du grau de Carnon.

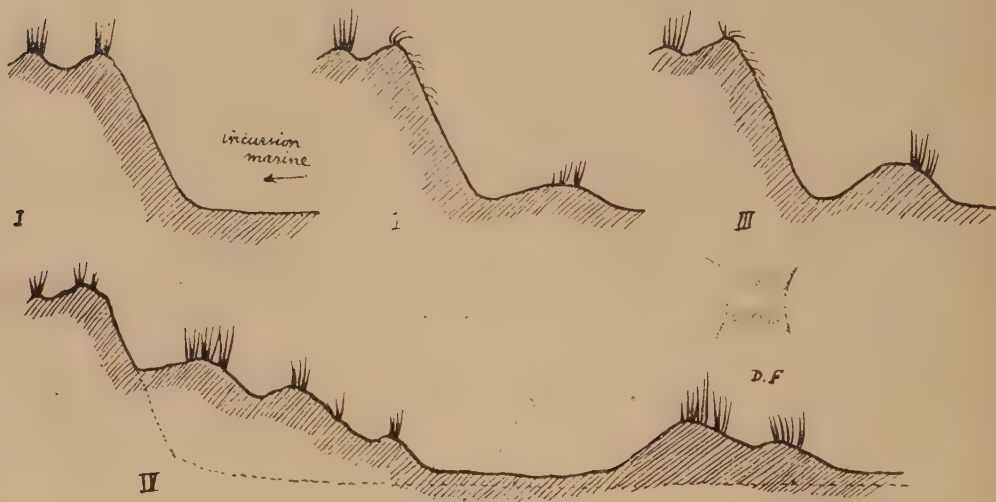


Fig. 24. — Evolution des bas-fonds d'origine marine.

I. Dune sapée à la base à la suite d'une incursion marine. — II, III. Formation du monticule central après retrait prolongé de la mer. — IV. Recblement par développement du monticule central et barrage par des dunes frontales (D. F.).

La vie des dunes est ainsi un éternel recommencement (fig. 23-24). Les compagnes de la Crucianelle et cette plante elle-même sont mortes par l'excès de salinité que révèle le *Statice bellidifolia*. Les Thérophytes ont déjà pris pied à la faveur de l'abri créé, par les pentes abruptes, contre les actions du Mistral. Nous pouvons être certains, d'après ce que nous savons de l'*Ammophiletum* et du *Crucianelletum*, que nous assistons là à l'ébauche d'un *Pro-Ammophiletum* et que la flore du *Crucianelletum* y a été précoce et transitoire. Ceci confirme les

doutes maintes fois émis par nous sur la valeur des observations isolées en phytogéographie. En comparant la flore de ce bas-fond à celle de l'*Ammophiletum* et du *Crucianelletum*, et surtout en tenant compte du comportement géodynamique des espèces, le maintien des espèces du *Crucianelletum* dans un *Pro-Ammophiletum* nous apparaît comme une impossibilité biologique. Le point de vue floristique envisagé à l'exclusion de toute considération dynamique nous aurait fatalement conduit à considérer la flore de ce monticule central comme un *Crucianelletum*, et à interpréter ces sables secs comme un *vestige* de la destruction des dunes ; il marque le début d'une édification et non la fin d'une démolition, *malgré le relevé floristique*. L'association établie par des moyennes est une notion statique ne permettant pas de comprendre le passé ; il faut l'examiner avec critique pour comprendre le présent, elle ne peut à elle seule permettre des prévisions pour l'avenir.



Les destructions auxquelles nous venons d'assister sont toujours localisées et leurs causes sont pour ainsi dire constantes et normales. Les attaques éoliennes et les incursions marines sont en effet les agents habituels du nivellement de l'appareil dunal.

L'action destructive de la mer est beaucoup plus localisée dans le temps que celle du vent, mais en revanche elle peut intéresser parfois des étendues de dunes bien plus considérables. Elle les sape à la base, franchit le lido et reprend une partie des sables dans son mouvement de retrait. Les graus ainsi formés, toujours éphémères, ont alors une action régressive sur l'évolution du tapis végétal et là où se trouvait un *Ammophiletum* en pleine prospérité, naît en quelques heures, un désert de galets sur lequel le vent peut recommencer son triage des éléments fins. C'est un cataclysme semblable (1) qui

(1) Ce cataclysme avait été préparé, il est vrai par l'action imprudente de l'homme, dès 1886, pour créer un vignoble dont il ne reste pas grand'chose aujourd'hui.

a entièrement détruit en 1919 l'appareil dunal compris entre Palavas et Maguelone. On pourra assister là à l'édification de nouvelles dunes, pour peu que de quelques années la mer ne franchisse plus le lido.

Que la dune soit nivelée par un cataclysme étendu ou par une destruction partielle, le tapis végétal interviendra à nouveau pour la rebâtir : nous avons vu qu'à cet égard ses ressources épharmoniques sont des plus variées.

Conclusions à l'évolution générale des Dunes

Le Cycle de l'*Ammophila*

L'appareil dunal du Golfe du Lion, par son éternel recommencement qui n'est pas toujours une illusion [Pavillard 1922], réalise un véritable cycle dynamique se reproduisant dans des limites altitudinales et longitudinales restreintes. Ces limites sont en rapport avec les forces contradictoires qui président à l'évolution du lido.

Les forces destructives sont les attaques éoliennes, les incursions marines et l'extrême mobilité du substratum. La lutte pour l'existence ne fait qu'augmenter l'« effort individuel ». On doit donc bien reconnaître que dans un milieu aussi rebelle à la végétation, l'organisation épharmonique d'une plante qui se multiplie, se perpétue et domine toutes les autres, est une chose remarquable. Aussi devons nous placer l'*Ammophila arenaria* très au-dessus de tous les autres végétaux des dunes.

L'attention de tout naturaliste explorant notre littoral est immédiatement appelée sur l'Oyat, quelle que soit l'orientation de ses recherches. Seul, le floriste la citera sans commentaire dans une de ces listes où, par habitude, on place cette plante avec les autres Graminées. Mais dès que les recherches s'orientent vers la sociologie végétale ou le dynamisme biologique, l'Oyat apparaît comme une *cause* et, par là même, prend une très grande importance : c'est une *cause topographique* parce que l'existence des dunes lui est subordonnée ; c'est une *cause*

phytosociologique parce qu'elle pourrait à elle seule permettre l'installation d'une flore variée ou favoriser son extension ; la

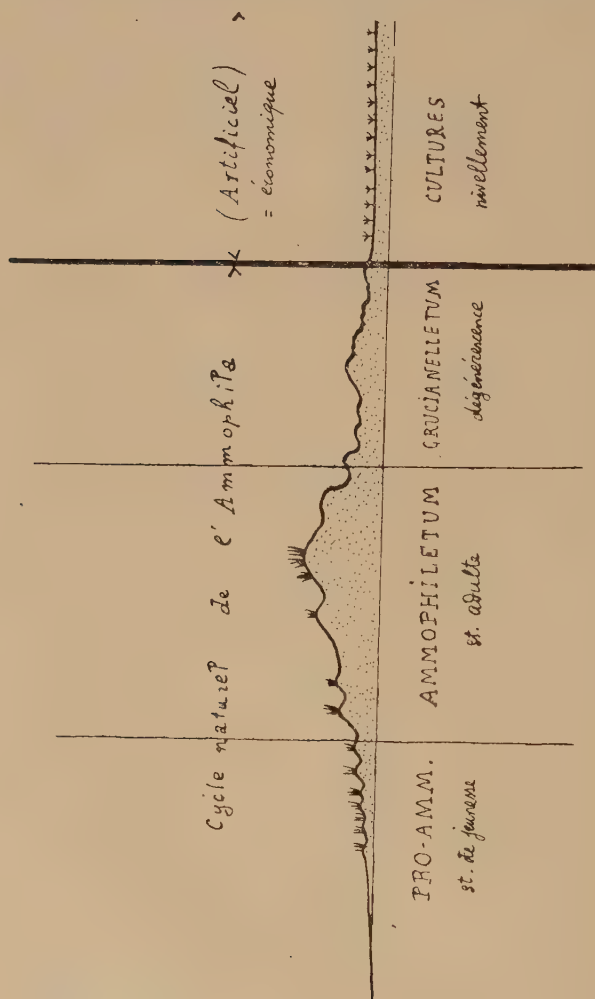


Fig. 25. — Cycle de l'*Ammophila* dans ses rapports avec l'évolution des Dunes.

répercussion de son organisation offensive se poursuit même après sa mort, sur l'évolution du tapis végétal, car le *Crucianelletum* n'est après tout qu'une phase dérivée de l'*Ammophiletum*.

C'est une *cause zoogéographique* par la faune psammophile qu'elle abrite et dont bien des espèces sont spécialisées des dunes (*Pimelia bipunctata*, etc.).

C'est enfin une *cause économique* par la protection directe que fournit la dune aux cultures littorales, contre les invasions marines et, plus indirectement, par les sables des dunes anciennes que l'agriculteur nivelle à son profit, loin de la côte. Il n'est pas exagéré de dire que sous ce rapport, l'*Ammophila arenaria* est l'une des causes de richesse de la Camargue viticole.

Seule la phytogéographie, il faut lui rendre cette justice, a permis de mettre en relief la valeur économique de l'Oyat : étudier sa biologie c'est expliquer la vie de la dune et en tracer l'histoire ; c'est aussi faire l'inventaire des successions floristiques de nos « montilles ». Tout cet ensemble organique et inorganique constitue l'appareil dunal, dont le cycle dynamique entièrement dominé par l'*Ammophila* justifie, à notre avis, la notion solidaire et parallèle du *cycle* de cette plante (1). (voir croquis n° 25).

(1) M. Braun-Blanquet a proposé [1921] de désigner l'ensemble des « associations » de nos dunes (Associationsgruppen) par le terme « *Ammophilion* », nous lui préférons celui de « cycle de l'Oyat », plus dynamique.

DEUXIÈME PARTIE

Modifications à l'Évolution générale des Dunes et leurs conséquences floristiques

CHAP. I.	Les atterrissements.....	194
CHAP. II.	Les Boisements.....	216
CHAP. III.	Les Dunes mobiles.....	229

La notion de *cycle*, telle que nous la concevons pour l'*Ammophila*, ne peut se rapporter qu'à une alternance entre l'édification et la destruction. Elle vaut donc seulement pour le lido *actuel* où les causes de formation de l'appareil dunal et celles de sa destruction provoquent alternativement l'élaboration et le nivellement des montilles — et par suite les modifications floristiques inhérentes à ces changements.

D'autre part les conditions actuelles du lido, ne sauraient être éternelles : le cycle de l'*Ammophila* correspond en réalité à une période de l'évolution des dunes dont la durée est subordonnée au maintien des conditions *actuelles*. Dès que, pour une raison quelconque, la cause édicatrice ou la cause destructrice vient à faire défaut ou simplement à être modifiée, le cycle cesse ou n'est plus le même.

Cela est évident pour certains cycles semi-artificiels : par exemple, l'exploitation des forêts, qui provoque avec une certaine périodicité (1) la mise à nu du sous-bois, en totalité (2) ou en partie. Que l'exploitation cesse et le cycle artificiel cessera. Il pourra cependant y avoir une certaine périodicité dans les nouvelles conditions : ainsi, la chute des feuilles provoque périodiquement un conditionnement nouveau et la phénologie joue sous ce rapport un rôle très important.

Nous pouvons citer, dans le même ordre d'idées, l'alternance entre la flore hygrophile et la flore xérophile de nos mares languedociennes (Roquehaute) qui passent périodiquement de l'état submergé à l'état « évaporé ». On conçoit que si l'assèchement se prolonge, il pourra influencer d'une façon différente sur la phase d'immersion : par exemple, un phanérophYTE pourra germer et croître suffisamment pour résister ensuite à l'immersion ; ses frondes apporteront de nouvelles conditions de

(1) *Révolution* des forestiers.

(2) Par ex. : coupe à blanc étoc.

lumière sur la flore aquatique. Les stades floristiques du cycle primitif pourront devenir alors le point de départ d'un nouveau cycle. Si même l'assèchement est définitif, il provoquera la différenciation progressive d'une nouvelle *série*.

Nous nous proposons d'étudier dans cette deuxième partie les modifications analogues apportées à l'évolution normale du cycle de l'*Ammophila*. Elles sont dues à trois causes principales : les atterrissements, les boisements, et le déplacement des dunes.

CHAPITRE I

Les Atterrissements et leurs conséquences

SOMMAIRE

Espèces maritimes régressives. Esp. marit. maintenues. Espèces non préexistantes : les paraliennes et les continentales.....	196
LES DUNES ANCIENNES NON BOISÉES. — <i>Le Rumicetum</i> (R. tingitanus).	202
LES RIÈGES. — Leur origine et leur flore.....	210

Le recul progressif de la mer a une double répercussion : géodynamiquement, il détermine un arrêt dans l'édification des dunes et floristiquement il favorise l'installation d'une végétation continentale, au détriment de la flore spécialisée des dunes côtières (espèces maritimes).

Celle-ci a lutté en effet de façon très diverse contre les influences continentales. Certaines espèces se sont maintenues, d'autres ont disparu ; en aucun cas elles n'ont été progressives. Quant aux espèces continentales, nous devons les étudier en dehors de l'influence des boisements si nous ne voulons tenir compte que de l'action du retrait de la mer ; car un boisement intense peut supprimer cette action à proximité immédiate des flots (Pinède de Sylveréal, 6 kil. Ouest du Grau d'Orgon).

Espèces maritimes régressives

Ammophila arenaria. — Quelques îlots à *Ammophila* subsistent encore sur le lido de Jarras (2 kil. 500 de la mer, entre le Grau-du-Roi et Aigues-Mortes) (1). Ce ne sont pas là des germinations accidentelles car on retrouve sur ces dunes anciennes, le comportement habituel de l'Oyat. Il est en effet au sommet des montilles ce qui prouve bien que ces dunes ont été formées par lui (2). L'histoire de ces monticules anciens nous est donc révélée par le comportement des espèces et non par le relevé floristique.

Nous savons que l'Oyat est déjà une régressive du *Crucianelletum*. Mais ce stade peut être, en somme, considéré comme

(1) Des îlots semblables existent en Belgique sur des dunes éloignées de la mer (Le Coq, Wenduine) où l'Oyat, « n'apparaît que de loin en loin et forme de maigres touffes qui ne réussissent jamais à fleurir » [Wéry, 1908, p. 203].

(2) Il y était abondant avant le nivellement (Flahault : comm. verb., 1922).

un dérivé traumatique de l'*Ammophiletum*, puisqu'il provient de l'érosion éolienne. La présence de l'Oyat sur des monticules éloignés de la mer est l'indice d'une stabilisation qui s'est produite *au cours du cycle de l'Ammophila*. Or, les dunes de Jarras sont plantées de Pins à frondes rapprochées (bon massif des forestiers) : et l'une des raisons pour lesquelles nous ne croyons pas à la spontanéité de ce bois, c'est que l'*Ammophila* n'aurait pas survécu à la lenteur d'un boisement naturel : ces dunes paraissent bien avoir été plantées avant le stade *Crucianelletum* (dégénérescence) de leur cycle.

Eryngium maritimum, *Euphorbia Paralias*, *Echinophora spinosa*. — Ces trois inséparables apparaissent dès le *Pro-Ammophiletum*. Elles peuvent, dans certains cas, devenir prépondérantes dans le *Crucianelletum* ; mais elles sont maritimes à un très haut degré car on ne les retrouve pas sur les lidos anciens. Leurs comportements géodynamique et biodynamique sont les mêmes : ce sont des associées synergiques.

Les espèces précédentes arrivent donc très difficilement à se maintenir sur les rivages anciens. Mais le fait que l'*Ammophila* s'y rencontre peut bien faire entrevoir le maintien de ses compagnes les plus fidèles, lorsque la dune a été *fixée* dans le stade adulte de son cycle, et si elles ne s'y conservent point c'est parce que les influences maritimes ne s'exercent plus assez sur elles. Il en est ainsi de *Crucianella maritima*, *Medicago marina*, *Matthiola sinuata*, *Orlaya maritima*, *Anthemis maritima*, *Cyperus schœnoides*, *Stachys maritima*. On ne retrouve pas ces espèces au delà des dunes les plus âgées du lido actuel. Ces dunes se trouvant à la limite continentale des grandes Souillères ne sont plus alimentées en sable (Souillères du Nord du Grau-du-Roi).

Toutes les plantes que nous venons de citer sont donc cantonnées dans le cycle de l'*Ammophila*. Elles se rencontrent tout à fait accidentellement sur les dunes anciennes lorsque celles-ci ont été fixées dans la phase du cycle la plus favorable à leur développement. Leur maintien y est désormais lié à celui des influences maritimes : elles sont donc nécessairement vouées à disparaître des lido anciens.

La formation des deltas nous apparaît alors comme un obstacle à leur conservation et l'on peut entrevoir leur disparition du lido actuel, à partir du moment où les nerfs sableux sous-marins qui se dessinent dans les anses de Beauduc et d'Aigues-Mortes auront suffisamment surgi des eaux pour permettre l'édification d'une nouvelle ligne de dunes.

Espèces maritimes maintenues

Il convient de faire en premier lieu la part des espèces qui se sont maintenues sur les lidos anciens dans des conditions particulièrement favorables. Leur rareté sur ces lidos pourrait les faire considérer comme des régressives mais, en réalité, leurs possibilités biologiques ne s'opposent nullement à leur maintien. C'est ainsi que, sur certains points, le *Panocratium maritimum* et le *Salsola Kali* se rencontrent avec un coefficient de présence (quantité) de 1 : 5. Ces stations (Dunes de Trouchaud par ex.) sont caractérisées avant tout par leur insolation. Il n'y a en effet qu'une très jeune plantation de *Pinus Pinea* très espacés. Nous prévoyons que le *Panocratium* et le *Salsola* disparaîtront sous peu lorsque l'ombre des Pins les couvrira. S'ils se sont maintenus là depuis longtemps, c'est que les conditions de l'insolation littorale leur ont suffi et que cette station est bien conforme à leurs exigences. Il y a lieu de faire une différence entre ce maintien *naturel* et celui de l'*Ammophila* de Jarras qui est dû à une fixation préalable de la dune.

Les plantes non encore citées et qui étaient incorporées dans le cycle de l'*Ammophila*, se maintiennent sur les lidos anciens avec des coefficients sociologiques et une distribution très comparables à ceux qu'elles ont sur le lido actuel :

Malcolmia littorea, *Medicago littoralis*, *Tribulus terrestris*.
Helichrysum Stœchas, *Teucrium Polium*, *Ononis ramosissima*, *Ononis Natrix*, *Artemisia campestris*, *Alyssum maritimum*, *Coris monspeliensis*.

Clematis Flammula, *Centaurea aspera*, *Ephedra distachya*, *Cynodon Dactylon*, *Aristolochia Clematidis*, *Scirpus Holoschœnus*.

Chondrilla juncea, *Plantago arenaria*, *Xanthium macrocarpum*, *Reseda alba*.

Scolymus hispanicus, *Hypochoëris radicata*, *Verbascum sinuatum*, *Glaucium luteum*, *Erodium cicutarium*.

Silene conica, *Phleum arenarium*, *Scleropoa hemipoa*, *Lagurus ovatus*, *Vulpia uniglumis*, *Kœleria villosa*, *Bromus maximus ambigens*.

Espèces non préexistantes

Parmi ces espèces qui apparaissent avec les conditions nouvelles dues à l'éloignement progressif de la mer, nous constituerons un premier lot contenant les plantes à la limite des influences marines et s'y complaisant sur les dunes anciennes. Elles se rapprochent rarement de la mer : leur présence sur les dunes *actuelles* est exceptionnelle. Elles quittent encore moins les lidos anciens pour remonter vers le continent.

Le *Rumex tingitanus* a son maximum de développement sur les dunes anciennes non boisées. Assez rare en dehors de la Camargue, c'est aux environs d'Aigues-Mortes (1), aux dunes du Mas de l'Abbé qu'il atteint son développement maximum, avec un coefficient de présence et une sociabilité voisins de 5 : 5 sur d'assez grandes étendues. On le retrouve çà et là sur le littoral languedocien. Nous ne l'avons jamais rencontré en Roussillon et le catalogue de la flore des Pyrénées-Orientales [Gauthier] n'en fait pas mention : on sait que les dunes sont très proches de la mer au Sud du Cap Leucate.

Cette plante est ainsi le type des végétaux que nous pouvons

(1) Nous ne saurions faire état de l'indication de cette plante à Arles d'après le catalogue de la flore des Bouches-du-Rhône, par Castagne, document d'une garantie trop médiocre au point de vue de l'observation des faits.

considérer comme des « maritimes limites ». Aussi la plaçons-nous parmi les importées de la flore du *Crucianelletum*.

Cette notion a été exprimée sous une autre forme, dans une étude récente de M. Chermezon [1920] sur la flore du littoral asturien. L'auteur y distingue une zone *paralienne*. « Sous ce nom, dit-il, nous comprendrons une zone d'épaisseur variable, intermédiaire à divers égards entre la précédente (zone littorale halophile) et la zone intérieure.

« La salure du sol y est très faible, insuffisante de toute façon pour entraîner l'exclusion de la plupart des espèces continentales, comme c'était le cas de la zone halophile. Cependant l'influence maritime se fait sentir, au moins par l'intermédiaire de l'atmosphère, d'une façon plus nette que dans la zone intérieure, ce qui diminue le nombre des espèces continentales, en éliminant les plus sensibles à cette influence.

« Il existe en effet en arrière de la zone halophile, une flore suffisamment individualisée, surtout dans les dunes, renfermant un certain nombre d'espèces non halophiles, mais cependant spéciales au littoral. Ces deux flores littorales, halophile et non halophile, ont été fréquemment confondues (1) notamment au point de vue des caractères écologiques de leurs espèces les plus typiques. J'ai insisté, dans un travail antérieur (2), sur les différences qu'il y a, surtout en ce qui concerne la structure, entre les plantes des stations vraiment salées et celles des dunes et du haut des falaises.

« La zone paralienne n'acquiert une largeur un peu considérable que là où elle est représentée par des dunes ; c'est là également qu'elle offre les caractères les plus tranchés à cause de la nature sablonneuse du substratum ; sur les falaises elle est

(1) L'étude de M. Chermezon sur le littoral des Asturies nous a été remise lorsque notre manuscrit était rédigé : nous l'avons modifié depuis en adoptant le terme de *zone paralienne*, correspondant exactement à la notion de nos « maritimes limites »

(2) [1910, p. 117, 313] « Dans ce travail j'avais surtout opposé à la flore halophile la flore littorale xérophile, à cause de la confusion souvent faite entre les halophytes et les xérophytes. En réalité la zone paralienne offre bien une flore xérophile dans ses parties les plus caractéristiques, c'est-à-dire les dunes, et même sur certaines falaises, mais elle comprend aussi des formations mésophiles et hygrophiles (pelouses, lieux humides, marais). » *Note de M. Chermezon.*

beaucoup plus étroite et beaucoup moins riche en espèces spéciales. De toute façon, le passage de la zone intérieure se fait de façon insensible par disparition progressive des espèces littorales et prédominance croissante des types continentaux » (loc. cit., pp. 166-167).

Nous partageons l'opinion de M. Chermezon sur la zone paraliennne dont l'étude détaillée (pelouses, lieux humides, marais, etc...) n'aurait pas sa place ici. Nous ne voulons en retenir que l'influence exercée par elle sur la végétation des dunes :

C'est ainsi que nous devons rapprocher du *Rumex tingitanus*, le *Corynephorus articulatus* et le *Cynanchum monspeliacum*, bien que leur comportement dans la dynamique des dunes soit neutre. Le premier n'est pas rare en Camargue mais il joue dans la sociologie des groupements végétaux le rôle modeste d'un thérophYTE dont le coefficient de présence n'est jamais élevé. Quant au *Cynanchum monspeliacum* il ne vit pas à proprement parler sur la dune même mais sur les sables remaniés en arrière du cordon de dunes *actuel* ou le long des remblais artificiels des lidos sableux anciens.

En dehors de ces trois plantes, on peut dire que toutes les espèces non préexistantes des dunes anciennes ont une aire d'extension nettement continentale. Nous nous occuperons pour l'instant de celles dont le comportement se rapproche le plus des espèces qui accompagnent l'*Ammophila* dans son cycle, c'est-à-dire des espèces de pleine lumière, dont les stations normales se trouvent par conséquent en dehors des Pinèdes.

Le fonds de ces groupements de pleine lumière est constitué, dans l'ordre des coefficients de présence décroissant, par les espèces suivantes :

Q = 3-4. *Sedum altissimum*, *Helianthemum hirtum*, *Euphorbia Gerardiana*.

Q = 2-3. *Odontites lutea*.

Q = 1-2. *Hieracium Pilosella*, *Asphodelus cerasifer*, *Dianthus longicaulis*, *Silene italica*, *Crepis taraxacifolia*, auxquelles s'adjoignent ça et là les espèces banales de nos plaines chaudes, telles que : *Erigeron canadensis*, *Alyssum campestre*, *Tragopogon dubius*, *Muscari comosum*, *Euphorbia serrata*, *Trifolium angustifolium*, *Euphorbia Cyparissias*, *Euphorbia segetalis*.

Osyris alba, *Trifolium campestre*, *Hypericum perforatum*, *Vincetoxicum officinale*, *Echium vulgare*, *Cerastium glutinosum*, *Erodium cicutarium* (non var.), *Cirsium arvense*, *Diplotaxis tenuifolia*, *Dactylis glomerata*, *Cynosurus echinatus*, etc...

Telles sont les espèces non préexistantes des dunes anciennes préférant la pleine lumière et ne s'accommodant en tout cas que d'un couvert léger. Nous allons essayer maintenant d'étudier la différenciation des divers groupements constitués par cet ensemble dans ses rapports avec le retrait de la mer. Nous ne devons donc nous adresser qu'à des territoires échappant à l'influence des Pinèdes : Les dunes anciennes non boisées et les Rièges.

LES DUNES ANCIENNES NON BOISÉES

Les conditions de pleine lumière qui sont la règle sur nos dunes en voie de formation ne se retrouvent pas souvent sur les lidos anciens de Camargue. Et encore est-on rarement certain qu'elles ne soient pas dues à une coupe ou à un arrachage partiel, en vue d'un nivellement futur.

Les recherches relatives à l'origine de ces vastes clairières sont vaines la plupart du temps et l'on ne peut avoir, pour tout renseignement, que les souvenirs des cultivateurs. Aussi de-

vrons-nous être d'une extrême prudence dans l'interprétation de leur tapis végétal (1).

Nous ne saurions trop insister sur la nécessité de reconnaître toujours les difficultés et de faire, s'il y a lieu, aveu d'impuissance. Certes, on pourrait relever la flore de ces clairières — et nous l'avons fait par acquit de conscience —. Les coefficients de constance, de quantité, de sociabilité, la fidélité, la dominance, etc... nous donneraient, en un tableau bien présenté, l'allure floristique de ces trouées ensoleillées. Quelles conclusions en pourrions-nous tirer au point de vue de l'évolution naturelle du tapis végétal puisque nous ne pouvons établir l'enchaînement des flores ? Le travail préliminaire indispensable à toute comparaison de relevés, c'est-à-dire la subordination des conditions du milieu, nous fait totalement défaut. Si les clairières étaient originelles et s'étaient maintenues en dehors de toute intervention de l'homme, nous pourrions peut-être reconnaître des stades dans leur évolution, comme nous l'avons fait pour les caoudeyres. Mais ne connaissant pas leur évolution, nous ne pouvons entreprendre *avec certitude* l'histoire du tapis végétal. Voici par exemple deux relevés de clairières répondant à des conditions très semblables :

1° *Clairière de Trouchaud* (T). *Dune à Pinus Pinea rares et très jeunes ; très ensoleillée, en butte à l'érosion éolienne, peu ou pas d'humus, végétation très claire* (3 : 10).

(1) Voici un exemple qui justifiera notre attitude réservée : non loin des ruines de Rafalino se trouve un vignoble créé par nivellement des dunes. Il est aujourd'hui (1921) à demi enseveli par les sables : c'est l'œuvre du Mistral (phot. n° 7). Dans quelques années il aura totalement disparu et sera surmonté d'une nappe sableuse extrêmement mobile. Si pour une raison quelconque, un bois de Pins était planté sur cet ancien vignoble, le problème de l'absence de l'*Annophila* se poserait. Or, aucun document (à part le nôtre), ni plan, ni cadastre, ne mentionnerait cette culture trop éphémère dont l'importance ne saurait pourtant échapper au phytogéographe. Ces essais de nivellement et de plantation sont très fréquents sur les lidos anciens. Les cartes de service d'Etat-Major relatent des dunes et des bois où de nos jours il n'y a qu'une immense étendue de sables (Icard) et combien de fois nous sommes-nous trouvés en présence de montilles relatées boisées et sur lesquelles pourtant il n'y avait pas trace de plantation ? Les Pinèdes sont marquées sur ces cartes avec une précision suffisante aux points de vue économique et militaire, mais les petites clairières ne sont pas figurées.

2° Clairière du Mas de l'Abbé (M. A). Lido contemporain de celui de Trouchaud. Dunes très ensoleillées, légèrement abritées contre l'érosion éolienne par le rideau des chaméphytes voisins, pas d'humus, végétation claire (4 : 10).

	T.		M-A.	
	Q.	S.	Q.	S.
Maritimes.				
<i>Malcolmia littorea</i>	+	1	1	1
<i>Pancratium maritimum</i>	+	1		
<i>Cynodon Dactylon</i>	+	1-2		
<i>Scirpus Holoschœnus</i>	+	1	1	2
<i>Salsola Kali</i>	+	1		
<i>Bromus maximus ambigens</i>	2	1-2		
<i>Scleropoa hemipoa</i>	+	1		
<i>Vulpia uniglumis</i>	1	1	1	1
<i>Koeleria villosa</i>	+	1	1-2	1
<i>Lagurus ovatus</i>			1	1
Paraliennes.				
<i>Rumex tingitanus</i>	+	1		
<i>Corynephorus articulatus</i>	+	1		
Continentalles.				
<i>Phillyrea angustifolia</i>			+	2-3
<i>Rubia peregrina</i>			+	1
<i>Asparagus acutifolius</i>	+	1		
<i>Ephedra distachya</i>			2-3	2
<i>Clematis Flammula</i>	+	1-2	1	1
<i>Centaurea aspera</i>	1	2	2	2-3
<i>Sedum altissimum</i>	+	1	1	1
<i>Hieracium Pilosella</i>	+	1	+	1
<i>Teucrium Chamœdrys</i>			+	1
<i>Teucrium Polium</i>	2-3	2	2	2
<i>Helichrysum Stœchas</i>	+	1	+	1
<i>Artemisia campestris</i>	1	1	2	2
<i>Osyris alba</i>	+	1		

<i>Helianthemum hirtum</i>	+	1	1	1
<i>Euphorbia Gerardiana</i>			2	1
<i>Euphorbia serrata</i>	+	1		
<i>Euphorbia Cyparissias</i>	+	1		
<i>Dianthus caryophyllus</i>	+	1		
<i>Picris hieracioides</i>			+	1
<i>Silene italica</i>	+	1		
<i>Echium vulgare</i>			1-2	1
<i>Verbascum sinuatum</i>			+	1
<i>Scolymus hispanicus</i>	+	1		
<i>Tragopogon dubius</i>	+	1		
<i>Barkhausia taraxacifolia</i>	+	1		
<i>Silene conica</i>	+	1		
<i>Odontites lutea</i>	+	1		
<i>Plantago arenaria</i>			+	1
<i>Euphorbia segetalis</i>			+	1
<i>Trifolium angustifolium</i>	+	1		
<i>Alyssum campestre</i>	1-2	1		
<i>Lathyrus sp.</i>	+	1		
<i>Erigeron canadensis</i>	+	1		
<i>Cerastium glutinosum</i>			1-2	1
<i>Geranium rotundifolium</i>			1	1
<i>Erodium cicutarium</i>			1	1
<i>Asphodelus cerasifer</i>	+	1	+	1
<i>Muscari comosum</i>	+	1		

Comparons ces deux relevés au simple point de vue floristique. Nous trouvons treize espèces communes. Les autres ne nous permettent pas de considérer ces deux groupements comme différents au point de vue biologique : Les *Echium vulgare*, *Picris hieracioides*, *Geranium rotundifolium*, etc..., espèces essentiellement banales de nos plaines chaudes, ne peuvent pas constituer des éléments différentiels entre ces deux groupements. S'ils ne figuraient point dans l'un ou l'autre relevé au moment de leur exécution, ils pourront y figurer dans

l'avenir ou y ont figuré presque certainement dans le passé, au simple hasard des disséminations. Il y a lieu de faire une différence entre des espèces non spécialisées, dont la présence en un point donné dépend précisément des hasards de la dissémination et celles, plus exigeantes vis à vis du milieu pour lesquelles des difficultés d'ordre adaptatif s'ajoutent à la dissémination.

Il y a néanmoins dans ces deux relevés un petit nombre de plantes qui indiquent une différence dont il faut tenir compte, et en particulier les *Phillyrea angustifolia* et *Rubia peregrina*. Ce sont là des plantes communes dans nos garigues. Il est évident qu'elles sont l'indice d'une influence continentale plus accusée dans les clairières du Mas de l'Abbé que dans celles de Trouchaud. Et pourtant ces dunes sont contemporaines. Celles de Trouchaud ont-elles été retardées dans leur évolution floristique par des remaniements culturels ? C'est possible, en raison de l'existence des vignobles avoisinants ; mais nous ne saurions l'affirmer, d'autant plus qu'elles possèdent aussi quelques exemplaires d'*Asparagus acutifolius*, biologiquement inséparable des deux espèces précédentes.

Nous sommes donc en présence de deux relevés sensiblement équivalents sinon floristiquement, tout au moins biologiquement. Mais nous ne saurions entrer dans la voie des déductions d'ordre dynamique parce que nos documents ne sont pas rigoureusement comparables à cause de l'incertitude qui pèse sur l'origine.

Cette prudence pourra paraître excessive. Et cependant, bien des travaux de phytogéographie, se flattant de généraliser, n'ont pas tenu suffisamment compte de l'origine des groupements hâtivement comparés. Il ne suffit pas que des relevés soient pris dans des stations qui paraissent semblables pour pouvoir être comparés. Encore faut-il qu'ils appartiennent à une même série (c'est-à-dire qu'ils résultent des mêmes successions), ou à un même cycle.

Ainsi, on pourrait être tenté de comparer la flore des arbustes et des lianes de Camargue à celle de nos garigues. On retrouve très souvent, sur les lidos anciens, côte à côte, *Phillyrea angustifolia*, *Rubia peregrina*, *Asparagus acutifolius*, *Lonicera etrusca*, *Rubus discolor*, qui comptent parmi les compagnes ha-

bituelles du chêne-vert. Mais les individus de Camargue appartiennent à une série évolutive^{*} psammophile du tapis végétal, totalement différente de celle qui provient de la désagrégation de nos coteaux calcaires fissurés. Le *Quercus Ilex* manque en Camargue (1), le fait est connu depuis longtemps. Il serait difficile d'admettre le point de vue floristique d'après lequel les groupements à lianes et à nanophytes xérophiles de Camargue seraient une « association à *Quercus Ilex* » sans ce chêne-vert, sous le prétexte que les « caractéristiques » de ces groupements sont les mêmes que celles de nos garigues. Ce serait, à notre avis, un contre-sens biologique et un non-sens dynamique.

Cela est de nature à infirmer, en ce qui concerne du moins la Camargue et les Garigues, l'opinion suivante formulée dans l'introduction au catalogue raisonné de la flore des Pyrénées-Orientales : « Puisque les espèces forment certaines associations naturelles dont les divers éléments ont les mêmes exigences, il suffira de déterminer les conditions physico-chimiques nécessaires à l'une d'elles pour connaître celles que réclament toutes les autres (2) » [Flahault].

Ces raisons ne nous permettent pas de conduire l'étude des dunes anciennes comme celle des dunes actuelles. Le cycle de l'*Ammophila* constitue une succession de faits basés sur des observations vérifiables. Aussi, avons-nous pu en tirer des conclusions affirmatives. Est-ce à dire que nous devions abandonner tout espoir de reconstitution historique des dunes sur les lidos anciens ? Nous avons fait ressortir les écueils à éviter dans de pareilles recherches, et nous allons essayer, *sous ces réserves*, d'établir quelques *hypothèses* étayées sur les observations qui nous paraissent les plus précises et les plus complètes.

Parmi ces observations, nous en avons déjà signalé une : celle du maintien de l'*Ammophila* sur les dunes de Jarras.

En voici une autre, faite sur le lido le plus ancien, dans une

(1) Quelques pieds existent dans les sables anciens du Mas de l'Abbé ! mais nous ne l'avons pas rencontré dans le delta *actuel* du Rhône.

(2) Notre manuscrit était à l'impression lorsque nous avons relevé la même critique in Pavillard, 1923 : *De la statistique en Phytosociologie*, p. 21.

grande clairière aux environs du Mas de l'Abbé. Il s'agit de dunes à végétation claire (3 : 40) et qui ont encore l'*aspect* de dunes actuelles, remaniées par le Mistral. Elles se trouvent entre deux massifs boisés éloignés de 500 m et dont l'influence peut être considérée comme négligeable (phot. n° 33). La couverture végétale en est ainsi constituée :

	Q	S
<i>Malcolmia littorea</i>	2-3	2
<i>Cynodon Dactylon</i>	2	2-3
<i>Alyssum maritimum</i>	+	1
<i>Centaurea aspera</i>	+	1
<i>Artemisia campestris</i>	+	1
<i>Scirpus Holoschœnus</i>	+	1
<i>Chondrilla juncea</i>	+	1
<i>Plantago arenaria</i>	2	1-2
<i>Vulpia uniglumis</i>	2	1
<i>Kœleria villosa</i>	+	1
<i>Bromus maximus ambigens</i>	+	1
 <i>Rumex tingitanus</i>	 3	 3
<i>Agropyrum littorale</i>	1-2	1-2
 <i>Erigeron canadensis</i>	 +	 1
<i>Diplotaxis tenuifolia</i>	+	1
<i>Cirsium arvense</i>	+	1
<i>Euphorbia serrata</i>	+	1

Il est très probable que cette clairière n'est pas artificielle : absence d'humus de Pinède même à l'intérieur des dunes, blancheur des éléments minéraux, grande instabilité du substratum, érosions profondes, aucun vestige de souche ou de racine d'arbres, tout nous autorise à penser que nous sommes en présence d'un territoire naturel.

Or, le maintien de la topographie d'un lido à partir du moment où il est livré uniquement aux actions éoliennes destructrices, se conçoit de deux manières : 1° par les plantes déjà installées et 2° par l'introduction de végétaux nouveaux exi-

geant plus ou moins la modération des actions maritimes. Dans les deux cas la lutte du tapis végétal contre les bouleversements d'origine éolienne, est directement liée à l'organisation défensive des espèces qui le composent : mais il est bien certain que les bénéfices d'une telle organisation ne valent que dans la mesure où les espèces déjà installées s'adaptent aux influences continentales et les espèces nouvelles aux influences marines. Ce qui revient à dire qu'en dehors du cycle de l'*Ammophila*, l'organisation adaptationnelle d'une espèce est subordonnée à sa sensibilité aux influences marines.

Dans ces conditions, la flore de cette clairière dérive vraisemblablement d'un *Crucianelletum*, expurgé de certaines espèces à répulsion marquée pour les influences continentales, mais ayant néanmoins conservé son caractère maritime : 1° par le faible pourcentage d'espèces continentales nouvelles (4 sur 17) et, 2° par le développement de 2 espèces paraliennes, *Rumex tingitanus* et *Agropyrum littorale*.

Au point de vue géodynamique, l'organisation du *Rumex tingitanus* est défensive (phot. n° 14), ce qui peut expliquer sa dominance dans les clairières anciennes et ventées. L'ensemble de ses deux qualités principales (organisation défensive et espèce paralienne) nous a conduit à penser que le stade floristique des dunes de Camargue, succédant immédiatement au cycle de l'*Ammophila*, était dans certains cas un *Rumicetum tingitani*.

Mais suivre ce groupement dans sa « différenciation », comme nous l'avons fait pour les diverses phases du cycle de l'*Ammophila*, en établissant ses régressives et ses progressives ; en observer les transformations floristiques et dynamiques qui le rattachent au cycle de l'Oyat ou qui marquent sa destinée, tout cela ne peut se faire que si ces divers états du tapis végétal ont laissé leur empreinte sur l'appareil dunal. Or si le *Rumicetum* existe floristiquement, nous ne sommes pas en mesure d'en reconstituer l'histoire.

LES RIÈGES ⁽¹⁾

La présence du *Rumex tingitanus* sur les dunes basses des Rièges, confirme nos incertitudes sur l'évolution du *Rumicetum*. Ces dunes sont tapissées d'un véritable maquis souvent impénétrable. Nulle part ailleurs, sur le littoral du Golfe du Lion, la densité de la population végétale n'atteint une aussi grande valeur. Il semblerait que, génétiquement, le maquis puisse dériver du *Rumicetum* tel que nous venons de le concevoir, et soit le terme le plus évolué de nos dunes méditerranéennes françaises. Rien n'est plus douteux cependant et voici pourquoi :

Les Rièges soulèvent l'un des problèmes les plus complexes au sujet du delta rhodanien : il n'a jamais été franchement posé et c'est pourtant, simplement, celui de leur origine. Malgré la proximité de la mer, aucun des botanistes qui ont exploré cette région ni nous-mêmes, n'y ont rencontré l'Oyat. MM. Flahault et Combres ont dressé un inventaire très détaillé de cette flore des Rièges qu'il n'est pas inutile de reproduire ici. Nous n'avons pas rencontré de plantes manquant à cet inventaire mais en raison de l'orientation que nous voulons donner à ces études phytogéographiques sur les dunes, nous le présenterons sous une forme faisant ressortir la sensibilité aux influences maritimes et le comportement des espèces.

(1) Territoire exhaussé, au sud de l'étang de Valcarès, carte E.-M. 1/80.000 et carte géol., Arles, f. 234

Plantes communes au cycle de l'Ammophila.

Malcolmia littorea, *Eryngium maritimum*, *Pancratium maritimum*.

Teucrium Polium, *Helichrysum Stæchas*, *Artemisia campestris*, *Alyssum maritimum*.

Clematis Flammula, *Medicago littoralis*, *Cynodon Dactylon*, *Crepis bulbosa*, *Coris monspeliensis*, *Scabiosa maritima*, *Plantago arenaria*, *Scolymus hispanicus*, *Verbascum sinuatum*, *Glaucium luteum*, *Chondrilla juncea*, *Silene conica*.

Vulpia uniglumis, *Kœleria villosa*, *Lagurus ovatus*, *Bromus maximus ambigens*, *Phleum arenarium*.

Espèces paraliennes.

Rumex tingitanus, *Hordeum maritimum*, *Dactylis glomerata hispanica*, *Sphenopus Gouani*, *Evax pygmœa*, *Bartsia trixago*, *Asparagus scaber*.

Espèces continentales n'appartenant pas au cycle de l'Ammophila. (Faciès très continental)

Juniperus phœnicea, *Pistacia Lentiscus*, *Phillyrea media*, *Phillyrea angustifolia*, *Rhamnus Alaternus*, *Tamarix gallica*, *T. africana*.

Smilax aspera, *Lonicera implexa*, *Asparagus acutifolius*, *Rubia peregrina*.

Rosmarinus officinalis, *Cistus salvifolius*, *Dorycnium suffruticosum*, *Daphne Gnidium*, *Osyris alba*, *Vincetoxicum nigrum*, *Achillea Ageratum*.

Ruscus aculeatus, *Arum italicum*, *Torilis nodosa*, *Geranium columbinum*, *Iris foetidissima*, *Narcissus Tazetta*, *Colchicum longifolium*.

Carex divisa setifolia, *Asphodelus cerasifer*, *Muscari comosum*, *Muscari neglectum*, *Orchis hircina*.

Geranium molle, *Erodium cicutarium*, *Silene italica*, *Hedypnois polymorpha*, *Medicago minima*, *Trifolium nigrescens*, *T. campestre*, *Barkhausia taraxacifolia*, *Thapsia villosa*, *Cynoglossum pictum*, *Bellis annua*, *Erythrœa Centaurium*, *Sherar-*

dia arvensis, *Anchusa arvensis*, *Rhagadiolus stellatus*, *Crepis virens*, *Carduus picnocephalus*, *Euphorbia serrata*, *Geranium purpureum*, *Rapistrum rugosum*, *Arenaria serpyllifolia leptoclados*, *Marrubium album*, *Arabis hirsuta*, *Diplotaxis muralis*, *Plantago coronopus*.

Asterolinum stellatum, *Vaillantia muralis*, *Trifolium scabrum*, *Plantago Bellardi*, *Myosurus minimus*, *Sideritis romana*, *Scorpiurus subvillosus*, *Cerastium obscurum*, *Myosotis hispida*, *Linum strictum*, *Plantago Lagopus*, *Statice echinoides*.

Poa trivialis, *Phleum pratense nodosum*, *Ægilops ovata*, *Æ. triaristata*, *Bromus madritensis*, *mollis*, *rubens*, *Koeleria phlœoides*, *Scleropoa rigida*, *Avena barbata*.

Cette végétation continentale a de très grandes analogies avec celle de nos garigues, dont on retrouve certains des éléments les plus constants sur les lidos anciens. Nous avons dit ce qu'il faut penser d'une comparaison entre ces deux régions. Mais parmi les espèces à aire continentale, la grande majorité n'appartient pas au cycle de l'*Ammophila* et on ne les rencontre pas sur le lido actuel voisin des Rièges (Phare de la Gacholle). Quant à celles qui sont communes avec le lido actuel, ce sont celles qui se maintiennent bien après la disparition des conditions nécessaires au cycle de l'*Ammophila* et qui, par suite, ne le caractérisent pas.

Cela tient, d'après nous, à ce que l'origine des Rièges ne peut être comparée à celle d'un lido. Leurs dunes ont une dynamique générale qui diffère totalement de celles de l'appareil dunal actuel. Entre la Pointe de Beauduc et le Grau d'Orgon, il n'y a qu'un seul lido (L. de la Gacholle) : c'est ce qui distingue essentiellement la Camargue proprement dite comprise entre les deux branches fonctionnelles du Rhône, de la région d'Aigues-Mortes qui possède quatre cordons littoraux successifs (Montcalm, Bourguidou, Listel et Terre-Neuve).

Or, l'évolution du sol de la Camargue proprement dite est peu connue. Flahault et Combres [1894] y distinguent plusieurs états successifs dont l'enchaînement découle de ce fait général que « les sables littoraux mobiles tendent à combler les lagunes qui occupent l'intérieur du delta ».

Ces sables sont arrêtés sur les *Sansouires* par des touffes vé-

gétales et constituent des petits monticules ou *Touradons*. Ceux-ci « s'accroissent peu en diamètre en même temps qu'en hauteur ; s'ils sont plus ou moins isolés au milieu des dépressions submersibles, ils deviennent des *Radeaux* ». (loc. cit.).

C'est, pensons-nous, le cas des Rièges. Pendant la sécheresse estivale cette région est accessible aux piétons (1921) et la surface des baisses est tellement durcie que l'on peut les parcourir à bicyclette, comme les Souillères de la Petite Camargue. Sur ces étendues très planes, comprises entre les Rièges et la mer, le sable roule et va se heurter parfois très loin, vers le Valcarès, sur des végétaux ligneux et herbacés. Mais les apports de sable, après de si longs parcours ne sont jamais importants et c'est ce qui explique la faible hauteur des dunes des Rièges, qui résultent en définitive de l'exhaussement extrêmement lent d'un immense radeau (8 kil. $\times$ 500 m.).

La végétation originelle a été peut-être celle d'une Souillère à *Artemisia gallica* et à *Salicornes*. La faible alimentation en sable n'a pas permis aux plantes à organisation offensive de s'y installer, et il est très vraisemblable qu'il n'a jamais existé d'*Ammophiletum* au nord de la digue actuelle de Faraman.

Quels ont été les stades transitoires entre la végétation originelle et la Juniperaie ? Les Phanérophytes ont probablement apparu les derniers, succédant au maquis buissonnant qui subsiste encore dans les grandes clairières. Mais là encore le phytogéographe se trouve, d'emblée, devant un groupement floristique unique et très évolué, à en juger par des individus de *Juniperus phoenicea* qui atteignent près de 10^m de hauteur et dont le tronc dépasse parfois 1^m de circonférence. Nous devons donc nous contenter ici, comme pour beaucoup d'autres territoires, d'une étude purement statique. Ce groupement est très localisé et ne se retrouve nulle part ailleurs non seulement sur les rivages du Golfe du Lion mais peut-être dans toute la région méditerranéenne.

Comment établir dans ces conditions des caractéristiques et des constantes ? On peut y arriver en multipliant le nombre de relevés, c'est-à-dire en diminuant la surface d'exploration pour chacun des relevés : procédé bien illusoire !

Nous avons classé les espèces suivant leur sensibilité par rapport aux influences marines, et en tenant compte de leur

comportement statique : peut-être ce *cliché* prendra-t-il une autre valeur dans l'avenir. Pour le moment nous ne pouvons en tirer aucun parti et le problème de l'évolution de la flore demeure sans solution en ce qui concerne les Rièges elles-mêmes.

Il pourrait cependant éclairer dans une certaine mesure celui des lidos anciens boisés : car, comme nous allons le voir, les Pinèdes contiennent un grand nombre d'espèces arbustives et de lianes communes à la flore des Rièges.

CHAPITRE II

Les Pinèdes et leurs conséquences

SOMMAIRE

§ 1. — Les Pinèdes à <i>Pinus Pinea</i> . Influence des Pins sur l'évolution de la flore. 1° <i>L'ombrage</i> . Exemples de transformations floristiques suivant l'intensité de la lumière. Le <i>Sedetum</i> . 2° <i>L'Humus</i> . Les calcifuges. La protection du sol. 3° Obstacle à la <i>Dissémination</i>	216
§ 2. — Subordination des influences respectives des Atterrissements et des Pinèdes	225
§ 3. — Conclusions. Hypothèses sur les successions. Périodes maritime, paraliénne et continentale	226

§ 1). Les Pinèdes à **PINUS PINEA**

Ombrage. — Parmi les actions que le *Pinus Pinea* (1) exerce sur la composition du tapis végétal la plus évidente est due à son ombrage. On peut assister, sous les Pinèdes de Camargue, à tous les degrés de cette action, car cette essence résineuse est capable de se réensemencer naturellement, de sorte que les peuplements (2) sont très rarement de même âge. D'autre part, le *Pinus Pinea* n'étant pas une essence d'ombre, les futaies ne sont jamais étagées. Ceci a son importance au point de vue de la conservation des peuplements, car c'est dans les trouées ou en lisière des hautes futaies que l'on rencontre les jeunes semis. Le *Pinus Pinea* apparaît donc comme une essence très apte à former de bons massifs en comblant les trouées accidentelles. C'est ce qui en rend la régénération si facile : beaucoup de Pinèdes destinées à être remplacées par des vignobles ne sont plus entretenues depuis fort longtemps ; elles n'en sont pas moins souvent inextricables et ont une tendance très nette à gagner du terrain.

Entre le stade de jeunesse qui laisse libre cours à l'installation des chaméphytes de pleine lumière, et le stade bon massif formé par les vieux sujets donnant une ombre épaisse, la plupart des individus résineux fournissent une ombre légère et tamisent les rayons solaires.

A ce premier caractère s'en ajoute un deuxième, important aussi : le Pin Parasol a un ombrage *permanent* et sa phénologie n'influe pas sur le sous-bois comme le ferait un peuplement de Feuillus. Aussi ne nous attendons pas à trouver sous les Pinèdes

(1) Pin pinier, pin pignon, pin parasol. Il existe parfois en mélange avec le *Pinus halepensis*.

(2) Au sens forestier.

une succession alternante de végétaux de lumière et de végétaux d'ombre ou à une apparition périodique de nitratophiles. Les transformations de la flore y sont lentes, continues et sont liées aux adaptations à la diminution progressive de la lumière.

Voici quelques-unes de ces transformations typiques que l'on rencontre fréquemment dans les Pinèdes et qui sont en rapport avec l'intensité de l'ombre :

1^{er} cas. — Jeune semis, peu dense. Sol très fortement éclairé. C'est la végétation des clairières, riche en plantes communes au cycle de l'*Ammophila*. C'est aussi la végétation des lisières maritimes des Pinèdes.

Nous avons déjà donné un relevé de ces stations ; il peut être pris pour type (p. 204).

2^e cas. — Dans le massif lui-même on trouve le plus souvent des arbres très élevés mais dont les cimes ne se touchent pas. Entre ces arbres, des individus de tous âges et de toutes dimensions. C'est en somme une futaie claire à régénération naturelle dont les dunes boisées de Jarras peuvent être prises comme type. Nous en donnons la diagnose synthétique : elle est particulièrement instructive parce que le lido de Jarras est intermédiaire entre le lido le plus jeune (Grau-du-Roi) et le lido le plus ancien (Montcalm), ce qui explique le mélange des espèces maritimes et des espèces continentales (18 juillet 1921).

Espèces communes au Cycle de l'*Ammophila*.

	Q	S		Q	S
<i>Ammophila arenaria</i>	+	2	<i>Medicago littoralis</i> (mort)	2	2
<i>Malcomia littorea</i>	1	1-2	<i>Asparagus scaber</i>	+	1
<i>Cynodon Dactylon</i>	1	1-2	<i>Chondrilla juncea</i>	+	1
<i>Scirpus Holoschoenus</i>	1-2	2	<i>Silene conica</i> (mort)	+	1
<i>Teucrium Polium</i>	2	2	<i>Scleropoa hemipoa</i>	1	+
<i>Helichrysum Stæchas</i>	+	1-2	<i>Koeleria villosa</i> (mort)	2	1
<i>Artemisia campestris</i>	+	1	<i>Bromus max. ambigens</i> (mort)	1	1
<i>Ononis ramosissima</i>	+	1	<i>Vulpia uniglumis</i> (mort)	3	1-2
<i>Clematis Flammula</i>	1-2	2	<i>Lagurus ovatus</i> (mort)	1	1
<i>Centaurea aspera</i>	+	1	<i>Phleum arenarium</i> (mort)	1	1

Continentales (non préexistantes).

<i>Sedum altissimum</i>	2-3	2	<i>Silene italica</i>	1	1
<i>Euphorbia Gerardiana</i>	2	2	<i>Dianthus caryophyllus</i>	+	1
<i>Helianthemum hirtum</i>	3	2	<i>Composée (morte)</i>	+	1
<i>Cistus salviæfolius</i>	+	1-2	<i>Trifolium campestre</i>	1-2	2
<i>Daphne Gnidium</i>	+	1-2	<i>Alsine sp. (morte)</i>	1	1
			<i>Cerastium glutinosum (mort)</i>	1	1

Le *Sedum altissimum*, l'*Euphorbia Gerardiana* et l'*Helianthemum hirtum* ont des comportements respectifs, semblables à tous points de vue, qui nous autorisent à les considérer comme des associées synergiques. La dominance et la constance du *Sedum altissimum* en particulier nous met en présence d'un groupement floristique qui peut être appelé : *Sedetum altissimi*. Nous connaissons déjà sous ce rapport : *Eryngium maritimum*, *Euphorbia Paralias*, et *Echinophora Spinosa* d'une part (*Ammophiletum*), *Teucrium Polium*, *Helichrysum Stœchas* et *Artemisia campestris* d'autre part (*Crucianelletum*). Le trio des dunes anciennes constitue parfois à lui seul le tapis végétal sur d'assez grandes étendues et notamment sous les futaies claires. Ces trois associées apparaissent déjà immédiatement en arrière du lido le plus récent, dans les Pinèdes mal venues au Sud de l'Étang du Ponent et nous les verrons disparaître simultanément sous les ombrages épais (voir 3^e cas exposé ci-après).

Parmi les espèces communes au cycle de l'*Ammophila*, le *Teucrium Polium* et l'*Artemisia campestris* sont dans les mêmes conditions de lumière que sous les futaies à *Pinus halepensis* de nos basses collines languedociennes. C'est ce qui nous a fait émettre un doute sur leur « maintien ». Nous avons montré que l'*Ammophila* de Jarras s'était bien « maintenue » là depuis l'époque lointaine où ce lido était le plus jeune, mais rien ne nous autorise à émettre la même opinion sur des espèces qui ont pu se développer ultérieurement, après la fixation de la dune, dans un environnement semblable à celui de leurs stations continentales.

Parmi les thérophytes, le *Vulpia uniglumis* prend, de beaucoup, la plus grande extension. Nous avons eu plusieurs fois l'occasion d'observer ce fait, notamment sur les dunes artificielles à *Tamarix gallica*, en bordure des rives du Petit-Rhône

à son embouchure (Grau d'Orgon). Cette Graminée forme sous les *Tamarix* à demi ensevelis, un tapis presque continu, très touffu par place, et constituant jusqu'au 9/10 de la population végétale. C'est une des rares espèces maritimes, sinon la seule, que l'on puisse considérer comme progressive hors des dunes *actuelles*, dans certains cas exceptionnels de lumière tamisée.

3^e cas. — Les sujets les plus âgés des Pinèdes ont des cimes très étalées en parasol, très denses et projettent sur le sol une ombre épaisse. Sous ces sujets c'est un épais tapis d'aiguilles de pin et, ça et là, quelques espèces mal venues en sous-bois. Voici la flore dominée moyenne de ces massifs à frondes compactes :

	Q	S	
1 <i>Teucrium Polium</i>	+	1-2	
2 <i>Centaurea aspera</i>	+	1	
3 <i>Clematis Flammula</i>	+	1	
4 <i>Scirpus Holoschœnus</i>	+	1	Près de la lisière du massif.
5 <i>Phillyrea angustifolia</i>	2	2	
6 <i>Rubus ulmifolius</i>	2	3	
7 <i>Lonicera etrusca</i>	+	1-2	
8 <i>Rubia peregrina</i>	1	1-2	
9 <i>Asparagus acutifolius</i>	1	1-2	
10 <i>Rhamnus Alaternus</i>	+	1	Malvenu.
11 <i>Ulmus campestris</i>	+	1-2	Jeune.
12 <i>Euphorbia Gerardiana</i>	+	1	Chétif.
13 <i>Ruscus aculeatus</i>	1	2	
14 <i>Brachypodium distachyon</i>	2	1	
15 <i>Geranium Robertianum</i>	3	2	Mort.
16 <i>Silene italica</i>	1	1	
17 <i>Cirsium arvense</i>	+	1	
18 <i>Holcus lanatus</i>	+	1	
19 <i>Cerinthe major</i>	+	1	

C'est un sous-bois très pauvre en individus. A part quelques touffes de *Phillyreas* abritant leurs lianes habituelles (*Rubia*, *Lonicera*, *Asparagus*, *Rubus*) on voit apparaître des espèces de sous-bois : *Ruscus aculeatus*, *Brachypodium distachyon*, *Rubus*

ulmifolius, présentes dans nos pinèdes continentales à *Pinus halepensis*.

Toutes les autres espèces sont représentées par très peu d'individus. Le seul pied d'*Euphorbia Gerardiana* entr'autres était chétif et l'on ne retrouve plus trace de *Sedum altissimum* et d'*Helianthemum hirtum*.

Le *Cerinthé major* et l'*Holcus lanatus* ne sont pas là pour longtemps, cette station n'étant pas conforme à leur comportement : ils sont cantonnés dans les clairières humides, le *Cerinthé major* y constituant parfois à lui seul les 7/10 de la population végétale (lido de Montcalm).

Récapitulons les faits : sur 19 espèces nous trouvons :

4 communes au cycle de l'*Ammophila*, représentées chacune par 1 ou 2 individus (1, 2, 3, 4) ;

2 espèces des futaies claires, maintenues (12 et 16) ;

3 espèces accidentelles (étrangères) : 17, 18, 19 ;

10 espèces constituant le sous-bois des hautes futaies, dont : 3 arbustes (5, 10, 11), 4 lianes (6, 7, 8, 9), 1 chaméphyte (13), 2 thérophytes constituant le tapis herbacé entre les arbustes (14, 15).

Ce stade marque à notre avis le changement le plus important dans la flore des lidos de Camargue et accuse le plus l'influence du Pin Parasol. A la flore exclusivement chaméphytique des dunes non boisées succède celle des Phanérophytes (sensu lato) et des Thérophytes plus ou moins spécialisés des sous-bois.

Le *Pinus Pinæa* influe donc en définitive, par son ombre, en se constituant : 1° un sous-étage de Phanérophytes avec leur cortège habituel de lianes ; 2° un tapis herbacé qui relève directement de l'« influence spécifique » du Pin.

Humus. — Dans les Pinèdes, l'humus apparaît comme une couche superficielle dont la continuité est en raison même de la densité des peuplements. Sa profondeur peut atteindre jusqu'à 25 centimètres sous les hautes futaies. Il y a là une différence capitale entre les dunes boisées et les dunes dénudées, qui provient de la stabilisation des premières. Sur les dunes à *Ammophila*, la décomposition des matières organiques est étroitement liée à leur émiettement et à leur enfouissement dans le sable : l'humus devient alors pulvérisé et discontinu. Sur les

dunes boisées, la décomposition des débris organiques est très lente et leur mélange avec les éléments minéraux a lieu *après* leur décomposition sur place.

Les végétaux à chevelu radiculaire superficiel y sont rares et le tapis herbacé comprend un très petit nombre d'espèces dont l'existence est assurée non seulement par une adaptation aux conditions spéciales de lumière, mais encore par la faculté de s'accommoder d'un mode de vie strictement humicole.

Les plantes à racines profondes et notamment les arbustes et les lianes exploitent, dans la profondeur des sables, le résultat de la décomposition de l'humus et en profitent dans une très large mesure, la mise à leur disposition des aliments pouvant être considérée comme continue.

Malheureusement, les transformations subies par les débris organiques jusqu'au moment où ils sont assimilables sont trop peu connues dans nos sables pour que l'on puisse suivre l'évolution parallèle du tapis végétal. Il y aurait grand intérêt à ce que ce problème fût étudié de près.

A ce point de vue nous sommes encore impuissants à établir la genèse des groupements floristiques dans ses rapports avec les variations du régime alimentaire. Ces variations nous sont cependant révélées par l'apparition de certaines espèces calcifuges dont la répartition paraît bien être liée à la présence de l'humus.

Il en est ainsi du *Cistus salvifolius*, très fréquent dans les Pinèdes, et surtout du *Pteris aquilina* très rare dans l'ensemble de nos dunes anciennes et toujours très localisé. Nous avons pu reconnaître dans les dunes de Trouchaud, au Nord du chemin de Corbière, une station où cette Fougère est très abondamment représentée (1).

L'humus n'est certainement pas étranger à la décalcification partielle ou totale de ces dunes anciennes, comme le confirment les observations suivantes de M. Contejean [1881, p. 45 et 49] : « les dunes sont quelquefois occupées par la flore de la silice...

« Le bois de Pins de la Garenne, à Fouras (Charente-Infé-

(1) Voir à ce sujet Kühnholtz-Lordat, 1923 : à propos du *Polystichum Oreopteris* D. C. Bull. soc. Bot. Fr.

rieure) est établi sur d'anciennes dunes fort rapprochées du rivage... A mesure qu'on se rapproche des dunes plus découvertes qui bordent la côte, le sable devient plus blanc et plus calcaire. On voit bientôt disparaître toute la flore silicicole et notamment *Cistus salvifolius*, *Helianthemum guttatum*, *Ulex europæus*, *Cirsium anglicum*, *Erica scoparia*, qui abondent dans la forêt... Le *Pteris aquilina* s'aventure également dans la même zone (calcaire) mais n'y est plus représenté que par des individus isolés et rabougris, contrastant vivement avec les magnifiques spécimens que l'on rencontre en abondance sous les pins... ». Il conclut en disant : « C'est le même sable quartzeux, partout d'une grande pureté et d'une grande homogénéité, qui admet ou qui repousse les plantes de la silice suivant qu'il se charge plus ou moins de calcaire ».

Tous ces faits sont à rapprocher de nos observations faites en Camargue sur le *Cistus salvifolius* et le *Pteris aquilina* des anciens lidos. (Ils sont d'ailleurs confirmés par une autre observation du même auteur (loc. cit. p. 77), « le long de la plage qui borde au Sud le pertuis de Maumusson entre les bains des Ronces et la pointe des Espagnols »).

Dans sa récente étude sur le littoral Asturien, M. Chermezon signale des faits qui, à première vue, sembleraient découler des mêmes principes. Pour lever toute ambiguïté à ce sujet il semble utile d'examiner ici la véritable raison d'être de la flore silicicole des Asturies, d'autant plus que nous aurons à en faire état plus loin (voir p. 262) à propos de l'origine de la flore des dunes.

M. Chermezon [1920] signale le *Pteris aquilina* sur le littoral asturien, « dans la région la plus éloignée de la mer, au delà du Rio de Raices ». Sous l'ombrage des Pins il s'établit une végétation très uniforme composée de :

Helianthemum guttatum Mill.
Sarothamnus cantabricus Willk.
Ulex europæus L. — CC.
Rubus fruticosus L.
Andryala integrifolia L.
Tolpis barbata Gaertn.
Calluna vulgaris Salisb. — CC.

Erica cinerea L. — CC
Smilax aspera L.
Daboecia polifolia Don. — R.
Anthoxanthum odoratum L.
Holcus lanatus L.
Pteris aquilina L. — C.

Il faudrait bien se garder d'établir une comparaison entre cette station à *Pteris aquilina* et celles de Camargue.

La cause du groupement floristique des Asturies paraît être dans l'origine même du sable des dunes et non dans une transformation chimique des sables consécutive à l'installation des Pins. En effet, M. Chermezon signale (p. 161) que le territoire exploré par lui est géologiquement constitué de « grès dévoniens avec intercalations calcaires ou schisteuses » et que « la couverture superficielle est le plus souvent argilo-sableuse et plus ou moins fortement siliceuse ». Ce continent désagrégé par les flots fournit donc sur les plages un matériel très pauvre en calcaire. L'humus des Pinèdes des dunes peut bien contribuer à la décalcification des apports coquilliers qui existent toujours, mais ce n'est point là la cause primordiale de la flore calcifuge asturienne, à l'inverse de ce qui se passe sur le lido camarguais de Trouchaud.

Nous ne voulons pas dire par là que les apports alluviaux du Rhône soient dépourvus de silice. Ils en contiennent au contraire beaucoup ; mais les calcaires coquilliers dominent à l'origine (20-25 % ; analyse Raynaud, 1921), dans la masse des dunes de Camargue, et une décalcification préalable y est nécessaire pour que l'influence des éléments siliceux puissent se faire sentir sur la végétation.

On pourra se rendre compte d'ailleurs, lorsque nous étudierons l'origine de la flore des dunes du Golfe du Lion, que le Roussillon, riche en silice jusqu'au contact des flots, présente une flore littorale comparable à celle des Asturies, non pas seulement par la qualité mais aussi par la constitution originelle des sables non boisés.

Malgré ces quelques végétaux indicateurs de certaines variations apportées dans le régime alimentaire par les boisements, le problème reste entier. Il englobe en réalité celui de la formation du sol forestier dans ses rapports avec la végétation. Or, le Pin Parasol n'a pas fait l'objet d'études approfondies de la part des forestiers. Jolyet le déplorait en 1916 dans son traité de sylviculture (p. 166) et il faut croire que la vocation de la Camargue s'affirmant de plus en plus dans le sens viticole, les surfaces boisées actuelles seront peu à peu

nivelées au profit de la vigne. Dans ces conditions, les méthodes rationnelles d'exploitation du *Pinus Pinea* nous seront de moins en moins connues.

Si les actions chimiques de l'humus sur la flore naturelle nous sont encore cachées en ce qui concerne les Pinèdes de Camargue, son action mécanique nous paraît au contraire plus évidente. Dans les bois, mal exploités, les trouées accidentelles sont fréquentes. Le sol se trouve alors en butte aux attaques éoliennes et la couverture d'humus devient une protection plus ou moins durable. La photographie n° 17 montre la lisière continentale d'une dune du Mas de l'Abbé entamée par l'érosion éolienne qui progresse peu à peu en enlevant la couverture d'humus. Le vent peut ainsi arriver à mettre à nu les racines de pin. Un brin de semence penché vers le Sud indique l'action prépondérante du Mistral. Les touffes d'*Helianthemum hirtum* retardent l'érosion sur les pentes mêmes.

Le véritable agent de stabilisation est en réalité le Pin lui-même. Divisant les actions éoliennes, la partie centrale des futaies échappe aux érosions du Mistral. C'est en effet vers le centre des massifs que l'on rencontre les montilles avec la forme qu'elles avaient au moment du boisement.

Dissémination. — En raison de l'entrave apportée par les Pinèdes à la dissémination anémophile des espèces, la répartition des semences dépend beaucoup de la pesanteur et des animaux. Les importations dans les Pinèdes, par le mode anémophile ne se réalisent que dans la mesure de la perméabilité des peuplements.

Ceci explique probablement la présence du *Thymus vulgaris* dans les futaies très claires et rabougries du lido actuel au N-W du Grau-du-Roi et son absence à l'intérieur des peuplements plus denses quoique plus continentaux.

* * *

Telles sont les influences des Pinèdes sur l'évolution du tapis végétal. Nous avons voulu retenir, parmi toutes les actions connues des peuplements de Phanérophytes, celles ayant un in-

térêt propre à la Camargue. En raison de l'importance du Mistral dans cette région, les influences d'ordre purement mécanique prennent, à côté des actions normales physiologiques (ombrages) et chimiques (humus), un intérêt qui manque dans d'autres régions.

§ 2). Subordination des influences respectives des atterrissements et des Pinèdes

Il nous reste à établir maintenant laquelle des deux influences doit être subordonnée à l'autre, de celle due aux gains progressifs du continent ou de celle due au boisement.

L'examen de la flore du lido intermédiaire de Jarras permet de faire le départ entre ces deux influences. On voit très nettement, sur tout le lido qui passe à Jarras et s'incline vers Listel, un véritable *Ammophiletum* partout où il y a des bouquets clairs de pins. Il est en voie de disparition, sans doute, mais sa transformation est due surtout à la régression des espèces recherchant avant tout les sables renouvelés. Celles qui subsistent encore sont en grande majorité des espèces de sables déjà anciens (*Helichrysum*, *Teucrium*, *Artemisia*) ou stabilisés (Thérophytes). Il suffit de comparer cette flore avec celle de l'*Ammophiletum* en plein épanouissement pour s'en rendre compte.

Nous savons d'autre part que les espèces disparues sur les dunes anciennes *non boisées* sont les mêmes que les régressives de Jarras. Nous ne pouvons donc pas considérer le Pin comme l'auteur primordial de cet appauvrissement de l'*Ammophiletum* en espèces maritimes.

L'individualité floristique de l'*Ammophiletum* ou du *Crucianelletum* s'efface obligatoirement par le seul fait du retrait de la mer : les Pinèdes ne font qu'accélérer la transformation des groupements maritimes en groupements continentaux.

Conclusions (*Atterrissements et boisements*)

L'histoire de la flore des dunes anciennes, si difficile à déchiffrer sur le terrain, ne peut être observée comme celle de l'appareil dunal actuel. Cependant, nous avons pu émettre quelques hypothèses d'après des faits présentant certaines garanties au point de vue de l'évolution naturelle du tapis végétal.

Le Pin pignon paraît spontané en Camargue : l'aire de cette espèce indique une prédilection pour les sols sableux (pas nécessairement maritimes d'ailleurs). Quoiqu'il en soit, *il se comporte comme une espèce spontanée*. Dès lors, la vocation des lidos anciens serait la Pinède.

En dehors des forêts, nous avons reconnu des groupements dominés respectivement par le *Rumex tingitanus*, le *Sedum altissimum*, le *Cistus salvifolius* et le *Juniperus phœnicea*.

La présence du *R. tingitanus* est indépendante de la Pinède. On le trouve sur des points du littoral dépourvus de Pins (Portiragne ; ça et là sur le littoral de l'Aude ; sur les sables de la région des Chotts ; sur les sables désertiques de Boghar, Djelfa, Laghouat).

Le *Sedum altissimum* se trouve aussi avec un beau développement en dehors des Pinèdes.

Il est très vraisemblable que le *Rumicetum* et le *Sedetum*, tels que nous les avons décrits, sont étroitement liés au cycle de l'*Ammophila*. Nous n'avons observé nulle part qu'ils dérivent l'un de l'autre : le *Crucianelletum*, évoluerait tantôt en *Sedetum*, tantôt en *Rumicetum*.

Quant au *Cistus salvifolius* il suscite les mêmes problèmes que le *Quercus Ilex* de nos garigues et le *Corylus Avellana* des Pyrénées dont les peuplements sont vraisemblablement des termes dégradés de forêts disparues. Nous avons vu que la présence des Cistes calcifuges était liée à celle de l'humus des Pinèdes : les groupements calcifuges de Camargue dérivent à notre avis des forêts de Pins.

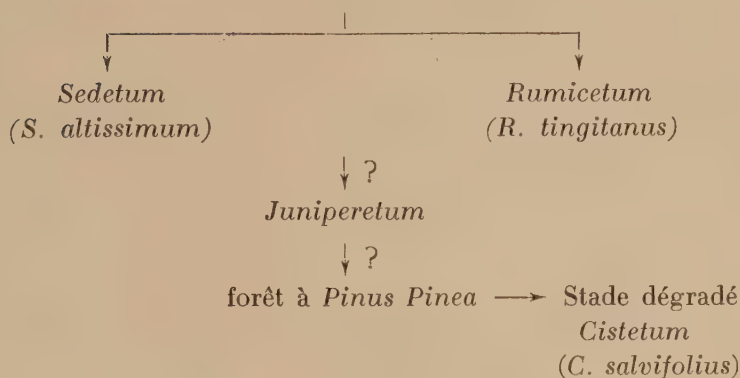
Reste la Junipéraie. Est-elle indépendante de la Pinède ? Oui, certainement aux Rièges. Mais ailleurs (Sylve Réal) (1) le Génévrier de Phénicie existe en mélange avec les Pins. Nous n'avons observé aucun terme de passage entre les peuplements purs et mélangés. L'évolution de la Junipéraie des Rièges jettera quelque lumière sur la subordination des deux groupements.

En somme, entre les stades à Chaméphytes se rattachant au cycle de l'*Ammophila* et la forêt de Pin, dernier terme probable de l'évolution du tapis végétal de nos dunes, nous ne connaissons pas l'enchaînement des flores, ce qui ressort du tableau L.

Tableau L

Cycle de l'*Ammophila*

(*Crucianelletum*)



(1) Et, en dehors de notre territoire, sur la presqu'île de Giens (août 1922).

Quoiqu'il en soit, l'*enchaînement* suivant paraît conforme avec la diminution progressive des influences maritimes (dans l'évolution normale d'un delta notamment) :

Période maritime = Cycle de l'*Ammophila arenaria*.



Période paralienne = Dominance du *Rumex tingitanus*.



Période continentale = La pinède



CHAPITRE III

Mobilité des Dunes et ses conséquences

SOMMAIRE

I. LES DUNES MOBILES. — Conditions générales. Caractères morphologiques : l'à-pic d'envahissement et la parabolisation. Progression des dunes. Caractères floristiques	230
II. LES DUNES MOBILES FIXÉES. — La Tamarissière. Dynamique ancienne de cette région. Caractères de la flore.....	234
III. — Différences entre une dune mobile fixée et une dune non mobile. La dune du phare de l'Espiguette. Conclusions pratiques.....	241

1. DUNES MOBILES

Conditions générales. — Pour qu'une dune puisse être qualifiée de mobile, il faut qu'elle se déplace *dans sa totalité*. Ce caractère est souvent confondu, surtout sur nos côtes méditerranéennes, avec la mobilité du sable à la surface de la dune.

En général, l'évolution des dunes autour du Golfe du Lion se fait *sur place* pour deux raisons : d'une part, une dune créée au fur et à mesure que croît un obstacle fixe (en l'espèce, la plante) ne peut pas se déplacer ; d'autre part, les vents contraires alternant sur nos côtes s'opposent généralement à toute progression.

Il faut donc deux conditions essentielles pour que la dune se déplace : 1° les apports de sable doivent être tels que la plante ne puisse résister à l'ensevelissement ; 2° les directions des vents dominants ne doivent pas être opposées.

Actuellement, ces conditions se trouvent réalisées sur les côtes N-S du delta rhodanien : Espiguette, Beauduc, et plus particulièrement, sur le territoire de Terre-Neuve. Il existe là, suivant une ligne qui borde à l'Ouest les vignobles de la Figuerasse, de Ruy-Blas et de Saint-Roman, un cordon de dunes jadis continu, aujourd'hui partiellement nivelé, mais où les hauteurs voisines de 10 mètres ne sont pas rares : la progression de ce cordon vers le continent est un véritable danger pour les cultures (phot. 25).

Autrefois, des dunes mobiles menaçaient l'embouchure de l'Hérault. Elles sont maintenant fixées par une pinède (1), (La Tamarissière.)

(1) Le goulet est moins bien défendu depuis que le sol de la Pinède est foulé aux pieds et les arbustes arrachés.

Caractères morphologiques. — Deux caractères morphologiques importants résultent de ce dynamisme spécial : l'à-pic d'envahissement et la parabolisation.

La pente aval est très inclinée et constitue l'à-pic d'envahissement (phot. 24, 25, 29, 30). Le versant amont, directement frappé par des vents presque toujours violents n'est pas en pente régulière mais offre l'aspect d'un bouleversement dont la photographie n° 26 donnera quelque idée : tout y est ravagé.

Sous l'influence de ces vents la dune prend une forme parabolique : le centre progresse plus vite que les bords et constitue la tête de la parabole. Celle-ci présente souvent des dégorgements très accusés en raison de la violence des vents (1). La parabolisation régulière des côtes de Gascogne n'existe pas en réalité dans le delta du Rhône : les dégorgements et la caoudeyrisation des branches de la parabole, dus aux « ouragans » ($v \geq 25^m$), sont autant d'entraves à une topographie ordonnée.

Progression de la dune. — La dune en marche peut franchir toutes sortes d'obstacles : vignobles, allées de mûriers (phot. 27), haies d'Elœagnus, de Peupliers, de Cognassiers...

Nous ne possédons aucun renseignement sur la vitesse de marche (progression annuelle) de ces dunes.

Dans l'unique mémoire sur la mobilité des dunes du Golfe du Lion, Marcel de Serres [143-A] dit à propos des dunes de Vil-

(1) La parabolisation dérive donc de deux processus : la caoudeyre et la progression de la tête, ce qui confirme l'opinion suivante de MM. Harlé sur la parenté étroite des caoudeyres et des paraboles :

« ...S'il n'y a plus de caoudeyres en activité dans l'intérieur de nos landes, il en existe du moins le long de l'océan, dans la zone de quelques dizaines de mètres de largeur couverte d'herbes basses diverses, plus ou moins espacées, qui précède la limite à partir de laquelle le vent de la mer n'empêche plus les pins de pousser. J'ai vu et étudié bon nombre de ces caoudeyres en pleine activité, dont plusieurs de formes très régulières... mais je dois ajouter qu'il existe dans nos Landes de nombreuses dunes d'une forme voisine. Ce type, la dune parabolique... a en plan la forme d'une parabole dont les branches sont dirigées vers l'ouest environ, c'est-à-dire vers le côté d'où vient le vent ; ce fait et le mode de formation rapprochent les dunes paraboliques des caoudeyres, bien que leurs dimensions soient généralement beaucoup plus grandes, car nos paraboles atteignent jusqu'à 4 kil. de longueur. J'ai rencontré d'ailleurs de nombreux cas intermédiaires dont je ne sais s'il est préférable de leur donner l'une ou l'autre appellation. » [Ed. et J. Harlé [1919] p. 17].

leroy (W. de Cette) : « Leur rapidité semblerait avoir été moins grande que celle qu'elles ont dans le département des Landes. Cette moins grande rapidité tient probablement à ce que cette partie du rivage est élevée dans ce moment (1) de plus de 20^m au-dessus du niveau de la Méditerranée ». Il s'agit de dunes « parvenues à une distance de 130-135^m de la Méditerranée... ». L'auteur ajoute quelques renseignements topographiques « afin que l'on puisse juger, dans plusieurs années, des nouveaux empiètements que les dunes auront faits dans l'intérieur des terres ». Malheureusement ce mémoire est entaché d'un manque de précision tel qu'il est impossible de reconstituer les faits. Nous l'avons essayé en vain. Il est vrai que les dunes ont été nivelées en grande partie pour l'installation des vignobles, mais nous ne voyons pas comment elles ont pu être élevées jadis à 20^m au-dessus du niveau de la mer (2).

Caractères floristiques des dunes mobiles. — D'une façon générale, on ne saurait établir, sur l'ensemble de ces cordons mobiles, de véritables associations. On y retrouve certes toutes les plantes du cycle de l'*Ammophila* mais les variations du milieu y sont tellement considérables et rapides sur un même point que chaque espèce se réfugie là où sont réalisées pour quelque temps les conditions favorables à son développement.

L'*Ammophila* est généralement reporté sur la pente aval de la dune ; car le versant amont se détruit sans cesse, alors que le versant aval est au contraire régulièrement alimenté (phot. 24). Ceci prouve bien que la condition primordiale de l'installation de l'Oyat consiste dans une mobilité des sables en quelque sorte spécifique. Pour d'autres plantes, c'est la position du versant par rapport à la mer qui constitue l'une des conditions essentielles à leur développement : elles abandonnent alors l'Oyat dans son report sur l'à-pic d'envahissement lorsque celui-ci est continental : tels sont les *Euphorbia Paralias*,

(1) L'auteur dit plus loin que ces faits ont été observés en 1848.

(2) Des observations seront entreprises dans les terrains de M. Rédarès à Terre-Neuve, afin de combler la lacune relative aux déplacements des dunes, avant que le cordon mobile ne soit entièrement nivelé pour la culture de la vigne. Nous remercions bien vivement M. Rédarès de l'extrême obligeance qu'il a mise à nous faire explorer son domaine de Terre-Neuve, c'est sans aucun doute le territoire le plus instructif du Golfe du Lion.

Eryngium maritimum, qui demeurent ici synergiques alors que l'*Echinophora spinosa* peut au contraire se trouver assez abondante sur l'à-pic. La synergie biologique de ces trois espèces est rompue par la mobilité de la dune.

Les plantes à bulbe s'accommodent mal de cette extrême mobilité des sables : le *Pancratium maritimum* se réfugie dans les endroits les plus stables.

Autant de bouleversements du milieu, autant de bouleversements floristiques : seuls, les comportements dynamiques des espèces demeurent intangibles.

On comprend alors comment de jeunes dunes à *Ammophila* viennent se superposer, localement, à d'anciennes dunes peuplées de *Juniperus phœnicea* et en voie d'érosion (phot. 28).

La sociologie est en somme fortement troublée et cela de trois manières : 1° certaines espèces s'accommodent du nouveau dynamisme, d'autres ne le peuvent pas. En sorte que l'association qui se constituerait si la dune ne se déplaçait pas, est amputée d'un certain nombre d'espèces : il n'y a donc en définitive que des fragments d'associations ; 2° les changements de milieu étant très rapides, les associations fragmentaires ont elles-mêmes une composition instable ; 3° elles se pénètrent les unes les autres, comme les modifications apportées au milieu chevauchent les unes sur les autres. Cette pénétration des groupements fragmentaires se fait de mille manières, les rapprochements les plus inattendus deviennent possibles. La destruction et l'édification, la mort et la vie, voisinent ou alternent, comme en témoigne ce Genévrier de Phénicie partiellement déchaussé (phot. 28) dont on ne saurait dire à priori s'il mourra par la démolition progressive des sables qui le supportent, si son existence sera prolongée par la jeune dune à *Ammophila* surgie d'un bas-fond à *Scirpus Holoschoenus*, ou si enfin cette même dune ne l'ensevelira...

Nous ne pouvons donc entreprendre ici l'étude détaillée du maintien ou de la disparition des espèces sur les dunes mobiles qui découlent de leur comportement sur les dunes non mobiles ; il suffira de l'appliquer à chaque cas particulier, sur le terrain exploré.

II. DUNES MOBILES FIXÉES (*La Tamarissière*)

Les dunes anciennes de la Tamarissière (1) s'étendent entre l'embouchure de l'Hérault et le grau intermittent du Clot de Vias, parallèlement à la côte, sur une longueur de 1 kilomètre ; elles ne dépassent pas 500^m en profondeur vers le continent et sont presque entièrement boisées. A la pointe Ouest du bois elles sont sapées à la base par les flots. La plage s'élargit peu à peu vers l'Est jusqu'aux digues de l'embouchure de l'Hérault, laissant place pour un mince appareil dunal en pleine évolution.

Ces dunes ont été mobiles. Elles sont actuellement fixées. Deux problèmes importants se posent à leur sujet : 1° Leur dynamique ancienne se révèle-t-elle encore de nos jours et comment ? 2° De quelle manière la flore s'est-elle modifiée au cours de leur stabilisation ?

Dynamique des dunes de la Tamarissière. — Le vent marin édificateur a toujours poussé les sables vers l'Hérault et la

(1) Les sables, très abondamment rejetés par la mer proviennent sans aucun doute des apports de l'Hérault, comme le montre l'analyse ci-après que nous devons à l'obligeance de M. le Professeur Blayac :

« Quartz : prépondérant ;

Calcite : très abondante ;

Zircon : très rare ;

Magnétite : très rare ;

Mica blanc : très rare ;

Fer : abondant à l'état de $F^2 O^3$, $3 H^2 O$ recouvrant la surface de beaucoup de grains. »

« Il ne fait aucun doute que ces sables proviennent des alluvions de l'Hérault remaniés par la mer. Le carbonate de chaux provient des régions calcaires traversées par le fleuve, le quartz et le mica des hautes régions cristallines (Aigoual). » (Blayac in litt.)

digue Ouest du Grau d'Agde est fréquemment ensevelie. Les vents de terre, destructeurs, ont des effets modérés dans cette régions en raison des divers écrans montagneux ou des plantations qui se dressent au Nord et surtout au Nord-Ouest. Le lido est en bordure même du continent et la caoudeyrisation n'a plus ici les caractères indiscutables qu'elle acquiert, entre Carnon et le Grau-du-Roi, sur un lido séparé du continent par la large surface plane de l'étang de l'Or.

Les deux caractéristiques dynamiques des sables de la Tamarissière sont donc : leur grande abondance et leur tendance à progresser vers le continent sans être entravés par l'action du Mistral.

Aussi n'est-on point étonné de voir ces dunes entièrement boisées, signe évident de la préoccupation des ingénieurs, pour enrayer l'ensablement *éolien* de l'embouchure de l'Hérault.

L'origine de ce bois est indiscutablement dû à l'intervention de l'homme et nous ne nous attarderions pas à déchiffrer la topographie de ces dunes boisées dans une étude qui se rapporte avant tout à des phénomènes naturels, si le boisement n'avait eu pour résultat de les fixer au cours même de leur évolution et de les fossiliser pour ainsi dire dans leurs formes naturelles.

La plupart de ces dunes (phot. 29) présentent deux versants très différents. Le versant maritime (en amont des vents édicateurs du large) est en pente douce ; le versant continental (aval) est au contraire escarpé ; nous y voyons un *à-pic d'envahissement* caractéristique des dunes mobiles.

La parabolisation, deuxième indice de la marche des dunes, se manifeste à la Tamarissière sur une petite échelle. Malheureusement les photographies des dunes paraboliques sont difficilement réalisables en raison des dimensions des paraboles (1). Nous avons fait un croquis des branches latérales et du déorgement de la tête, sur une dune qui se trouve en plein bois, dans la moitié Est de la Pinède (fig. 26).

L'observation d'une telle dune est importante pour fixer la date du boisement, non pas au point de vue historique, mais par rapport à l'évolution de la dune. La parabolisation est un

(1) Il faudrait avoir recours aux photographies aériennes.

acte de dynamisme tardif dans la genèse de notre appareil dunal. Le dégorgeement de la tête est encore plus tardif : or, si on l'observe sous une pinède, c'est certainement que le boisement lui a été postérieur. Nous pouvons donc être assurés que



Fig. 26. — La Tamarissière. — Dune parabolique boisée.
En haut, profil de la dune.
En bas, projection horizontale.

malgré le voisinage des flots, nous nous trouvons, en présence de dunes très évoluées.

La flore. — Voici le relevé global des dunes anciennes de la Tamarissière.

Espèces maritimes.

	Q	S		Q	S
<i>Ammophila arenaria</i>	+	1	<i>Saccharum cylindricum</i>	3	3
<i>Medicago marina</i>	+	1	<i>Lagurus ovatus</i>	2	1
<i>Malcolmia littorea</i>	+	1	<i>Vulpia uniglumis</i>	3	1-2
<i>Cyperus Schœnoïdes</i>	+	1	<i>Bromus maximus ambigens</i>	1-2	1

Espèces paraliennes.

<i>Rumex tingitanus</i>	1	2
-------------------------	---	---

Espèces continentales.

<i>Psoralea bituminosa</i>	+ 1	<i>Melilotus sp. (plantules)</i>	+ 1
<i>Artemisia campestris</i>	1 2	<i>Silene italica</i>	2 1
<i>Teucrium Polium</i>	2 3	<i>Silene conica</i>	1-2 1
<i>Helichrysum Stœchas</i>	3 3	<i>Centaurea aspera</i>	+ 1-2

Au point de vue biodynamique, les faits ne sont pas exactement comparables à ceux que nous avons observés sur les lidos anciens de Camargue.

L'Oyat est ici représenté par de très rares individus, mal venus, en touffes claires. On peut penser que l'ombrage des Pins en est la cause, comme en Camargue. Mais le problème est un peu plus complexe que sur le lido de Jarras. En effet, à la Tamarissière, l'*Ammophila* ne se trouve pas sur le point culminant des dunes. Nous ne devons pas tenir compte du fait qu'un sentier suit justement la crête des dunes, car il est extrêmement étroit et les dunes forment en réalité un dôme (phot. 29) qui déborde amplement de part et d'autre du lieu de passage, surtout vers la mer. D'autre part les endroits les plus clairiérés du bois ne révèlent aucune touffe d'*Ammophila* (phot. 29-30). De sorte que nous pouvons attribuer la rareté de cette Graminée au régime dynamique des dunes qui ont été trop mobiles.

Dans notre étude des lidos anciens, nous avons conclu à la disparition progressive de l'*Ammophila* par la régression lente et continue des influences maritimes. Ici, il n'est plus question de disparition mais d'absence ou de rareté originelle de cette Graminée. Les quelques pieds que l'on rencontre sont dus au voisinage de l'appareil dunal actuel qui borde le bois vers la mer et doivent être interprétés comme des germinations accidentelles. Nous voyons là le symptôme floristique le plus frappant de la mobilité ancienne des dunes de la Tamarissière ; il concorde parfaitement avec leur topographie et avec ce que nous savons des dunes mobiles actuelles.

La présence du *Medicago marina*, du *Malcolmia littorea* ou du *Cyperus Schœnoides* ne signifient point ici que nous sommes en présence d'un *Ammophiletum dégénéré*. La comparaison pure et simple des relevés, nous conduirait peut-être à cette notion de dégénérescence, si nous ne prenions pas garde, ici encore, à

l'origine des groupements végétaux. Les compagnes de l'*Ammophila* se trouvent là, non parce que les dunes ont été créées par des Oyats disparus depuis, mais parce que les conditions favorables à leur développement ont été réalisées au moment où les dunes mobiles ont été ralenties dans leur marche par la plantation. Il faut se reporter en effet à l'époque où la pinède était à l'état de jeunesse et où les conditions de lumière et de mobilité des sables se trouvaient comparables à celles des lisières ou des clairières à régénération spontanée des lidos anciens de Camargue. On se rappelle que nous y avons rencontré les représentants du cycle de l'*Ammophila* (*Pancratium*, *Malcolmia*, etc...).

Ce que nous venons de dire pour les représentants de ce *Pseudo-Ammophiletum* s'applique intégralement à ceux du *Pseudo-Crucianelletum*.

Le *Crucianella maritima* n'existe pas dans le bois de la Tamarissière. Si quelques individus avaient échappé à nos investigations, même dans les clairières, ils seraient rares et leur présence devrait être rapportée aussi au voisinage des dunes actuelles qui bordent le bois, car les conditions favorables au développement de cette espèce n'ont jamais été réalisées à la Tamarissière : on sait que, parmi ces conditions, les deux plus importantes sont la stabilisation et la lumière intense. La première a bien pu se réaliser au moment du boisement mais les quelques individus ayant pu arriver au stade adulte ont dû vite disparaître avec la croissance des pins.

Les *Teucrium*, *Helichrysum* et *Artemisia* habituels, dont le comportement s'accommode d'une haute couverture se trouvent là comme dans les pinèdes des lidos anciens de Camargue et dans les futaies continentales de *Pinus halepensis*. Quant aux Thérophytes qui figurent dans nos relevés, leur grande abondance n'infirme en rien nos hypothèses car ils ne caractérisent en aucune manière le cycle de l'*Ammophila* : la seule Graminée annuelle qui ne quitte point ce cycle, le *Scleropoa maritima*, fait au contraire défaut.

Le *Vulpia uniglumis* affirme une fois de plus sa prédilection pour la lumière tamisée.

La présence du *Rumex tingitanus* si près de la mer confirme ici encore mieux qu'en Camargue, le rôle accélérateur du boi-

sement dans la succession des périodes maritime, paralieme et continentale. Néanmoins les coefficients de présence de cette espèce y sont faibles à cause de l'ombrage : ce *Rumex* exige la pleine lumière.

Si le boisement favorise, dans une faible mesure il est vrai, le développement de la flore paralienne, ses effets demeurent médiocres sur l'extension de la flore continentale, plus sensible au voisinage de la mer (1).

* * *

Ainsi, les dunes anciennes de la Tamarissière ont une individualité qui les distingue de l'ensemble des dunes qui bordent le golfe du Lion, au double point de vue géo et biodynamique. Elles ont été fixées dans une phase avancée de leur évolution.

Ces résultats soulèvent un problème qu'il convient de poser maintenant sur l'âge du Lido.

Age du lido de la Tamarissière

Le fait que la mer ronge les dunes anciennes et qu'une digue d'arrêt a été construite en avant de la plage, indique une transgression marine lente et continue. Cette transgression n'est pas spéciale à la région. D'une façon générale la mer avance à l'Ouest des grands promontoires : aux Saintes-Maries (Ouest de la pointe de Beauduc), au Grau-du-Roi (Ouest de l'Espiguette), à la Tamarissière (Ouest du Cap d'Agde) et même à Frontignan, au poste de Morin et aux Aresquiès, région qui subit vraisemblablement l'influence lointaine de l'ensemble saillant du Delta rhodanien. Nous avons dit qu'il existait un appareil dunal en pleine évolution en avant des dunes anciennes de la Tamarissière, dont la pointe ouest est sapée à la base. Ceci paraît en contradiction avec l'hypothèse formulée sur l'ancienneté des dunes boisées et sur leur dynamique car l'*Ammophiletum* indiscutable de l'appareil actuel semble infirmer l'opinion que les dunes placées juste en arrière (au Nord) n'ont jamais hébergé d'Oyats.

En réalité les conditions qui président à l'évolution des dunes actuelles ne sont pas du tout les mêmes que celles qui ont présidé à l'évolution des dunes anciennes. Pour bien le comprendre, il faut se reporter à la notion de

(1) Le *Psoralea bituminosa* est très abondant dans le *Crucianelletum* des dunes non boisées entre le Clot de Vias et l'étang de Vendres, auquel il imprime la *physionomie des friches* si développées sur les basses collines sèches entre Pézénas et Béziers. D'une façon générale la flore de ces collines diffère quantitativement de celle à l'Est de l'Hérault. C'est notamment la région de grande extension des *Plumbago europea*, *Echium italicum*, *Psoralea bituminosa*. Une étude comparative, même purement statique de ces deux régions sera de quelque intérêt.

la perméabilité des obstacles (p. 79). En avant des obstacles imperméables il se produit un remous de vent : les sables forment un monticule à une certaine distance de l'obstacle et non contre lui. Or, l'obstacle formé par le bois de la Tamarissière à moins de cent mètres de la mer est semi perméable : si bien qu'il existe souvent en amont (souffles du large) de la lisière une dépression qui isole les dunes anciennes des dunes nouvelles. La progression des sables est donc enrayée et leur vitesse ralentie n'est plus un obstacle à l'installation des oyats. L'évolution de ces dunes actuelles est donc bien du type méditerranéen, mais elles échappent à la phase de dégénérescence due au Mistral. Aussi n'est-on pas étonné d'y voir le cycle de l'*Ammophila* entretenu dans sa phase *Ammophiletum* et l'on y chercherait en vain un *Crucianelletum* différencié et toute trace de caoudeyre (1).

En somme nous ne pouvons pas nous appuyer sur la dynamique des dunes *actuelles* de la Tamarissière pour expliquer celle des dunes *anciennes* de la même localité, malgré leur étroit voisinage. Il faut comparer au contraire la morphologie « conservée » de ces dunes anciennes à la morphologie des dunes actuellement mobiles (Terre-Neuve).

On concevra alors que la parabolisation des dunes de la Tamarissière ne peut avoir été réalisée que sur un lido beaucoup plus large que celui de nos jours et dont l'âge est certainement antérieur à celui de l'appareil dunal *actuel*, contrairement à ce qui a lieu entre Cette et le Grau-de-Roi, où toute les dunes sont contemporaines du lido actuel.

(1) Il n'y a jamais eu formation de *clot* au sens gascon :

Le clot de Vias n'est pas autre chose qu'une embouchure en régression, comme celles du Libron, de la Grande Maire ou de Pissevache. Harlé indique que le clot est une excavation pleine d'eau mais qui provient d'un « effondrement de calcaire miocène sous-jacent, effondrement propagé jusqu'à la surface du sol ». Ce terme désigne aussi d'après lui « des caoudeyres parfaitement caractérisées, par exemple celle du Grand Trépédès. » On voit que, dans les deux cas, le clot d'Harlé n'existe nulle part sur notre littoral (sauf peut-être au Gouffre de Canet). En réalité, c'est aller un peu loin que d'attribuer au clot un sens étroitement dynamique alors que ce terme, aussi bien répandu en Languedoc que dans les Landes, a une valeur purement morphologique : c'est pour nous un creux plein d'eau, quelle que soit son origine.

III. DIFFÉRENCES

entre une Dune mobile fixée et une Dune non mobile

Dune du phare de l'Espiguette. — Nous avons dit qu'il ne fallait pas confondre la mobilité de la dune avec celle des sables à la surface de la dune. La dune de protection du phare de l'Espiguette va nous donner quelques précisions à ce sujet :

Le phare de l'Espiguette est entouré d'une dune artificielle semi-ellipsoïdale dont le grand axe est dirigé N-W suivant une ligne passant par le Phare et le sommet du Pic Saint-Loup. La photographie n° 23 prise dans cette direction montre, entre le phare et la dune une dépression garnie d'une joncasse bordée vers le Nord d'un petit vignoble. Plus au Nord, sur les premières pentes, se trouve une Pinède très claire dont les Pins sont pour la plupart à moitié ensevelis. D'autres arbres, un Mûrier notamment, ont les extrémités des branches seules hors des sables. Tous les ans de jeunes plants d'*Elæagnus angustifolia* (Olivier de Bohême) sont placés sur cette grande dune (40^m de hauteur). Nous avons observé en Juillet 1924 que ceux qui avaient été mis en terre en Mars 1920 étaient totalement enfouis. Le vignoble est entamé et disparaîtra certainement si les méthodes actuelles persistent. Il y a donc là une menace très sérieuse pour le phare lui-même.

Sur la pente amont et sur le sommet de la dune on retrouve des *Ammophila* en pleine activité : l'arrêt artificiel des sables a pour résultat de porter à un niveau supérieur les conditions favorables au développement de l'Oyat. Celui-ci retrouve en effet à une altitude qui dépasse de beaucoup la hauteur moyenne des dunes du Golfe du Lion, un sable sans cesse renouvelé et dont les apports sont entretenus par le Mistral, soufflant parallèlement à la côte au Sud du Grau-du-Roi. Il

ne faut pas considérer ici l'*Ammophila* comme créatrice de la dune : l'action du Mistral est trop intense pour que la Graminée puisse sortir victorieuse de la lutte, sans l'appui des arbustes introduits ou des haies de branches mortes : elle serait vouée au même sort qu'entre l'Espiguette et le Grau-du-Roi où le déchaussement entraîne parfois sa mort sur de grandes surfaces (4) (phot. n° 6).

Ainsi le comportement de l'Oyat sur la dune du phare de l'Espiguette nous prouve que cette dune ne marche pas : *elle s'élargit*. De fait, sa forme ellipsoïdale n'a pas changé sensiblement depuis 1873, époque des premiers travaux qui en ont marqué l'emplacement.

Ceci nous amène à formuler quelques conclusions pratiques :

1° La protection d'un phare comme celui de l'Espiguette ne doit pas se faire en surélevant la dune par des plantations d'arbustes ou de haies inertes. Il est bon certes, d'enrayer la progression du sable sur la dune même, mais ne serait-il point préférable d'empêcher les sables d'alimenter la dune, en créant par exemple, vers le Nord-Ouest, une série de dunes perpendiculaires à la direction du Mistral ? A notre avis, la progression *des sables*, parallèlement à la côte, doit être enrayerée *en remontant le courant atmosphérique*, cause de la progression.

2° Lorsque c'est la dune entière qui se déplace, il sera suffisant de créer une *couverture* (inerte ou vivante) sur la pente amont, à conditions que la dune soit suffisamment éloignée de la mer pour n'être plus alimentée en sable : les agriculteurs de Terre-Neuve tapissent la pente amont par une couche plus ou moins épaisse de sarments. Ce procédé ne serait plus suffisant si la dune mobile était proche de la mer car la couverture de la pente amont serait vite ensevelie : il faudrait, dans ce cas, une combinaison des deux premiers procédés.

(4) Les ingénieurs chargés de la protection des phares ont parfaitement tenu compte de ces aptitudes diverses des végétaux à lutter contre l'ensevelissement. Ils emploient des arbustes (Tamaris, Elœagnus) alors que dans le Boulonnais, où les vents atteignent rarement la violence de notre Mistral, des repiquages en ligne de l'*Ammophila* sont suffisants pour enrayer la marche *des sables*. Nous signalons le *Populus alba* (spontané entre Carnon et Palavas) qui, par la forme buissonnante qu'il prend dans les dunes est un fixateur de tout premier ordre.

TROISIÈME PARTIE

Origines des Semences

SOMMAIRE

I. ESPÈCES SPÉCIALISÉES DES DUNES. — Problème de leur propagation sur le lido. Opinions de MM. Massart, Bouly de Lesdain. Les immigrations d'origines ibérique et ligurique. La propagation sur les lidos successifs	244
II. ESPÈCES NON SPÉCIALISÉES (accoutumées) : les importations continentales : 1° Cas du Roussillon. La flore de la Salanque littorale graveleuse : le <i>Corynephoretum</i> ; son extension vers la mer : le <i>Crucianello-Corynephoretum</i> . Comparaison entre les successions floristiques normales (évolution dilatée) et les successions troublées (év. raccourcie). 2° Les courants locaux : courant à <i>Thymus vulgaris</i> ; courant à <i>Thapsia-lupinus</i> ; courant à <i>Lavandula Stæchas</i>	252
III. CONCLUSIONS. — Comparaison entre les faciès floristiques du Roussillon, du Languedoc et de la Camargue.....	263

La succession des groupements végétaux nous a mis en présence d'une flore de plus en plus complexe depuis la naissance des dunes, jusqu'aux stades les plus évolués actuellement connus.

Quelles sont *les sources des semences* qui ont été apportées sur le lido ? Tel est le dernier problème que nous voulons aborder.

Nous considérerons successivement :

1° Les espèces exclusivement cantonnées dans les dunes (spécialisées).

2° Les espèces à aire continentale plus ou moins étendue et simplement accoutumées au régime des dunes, sans spécialisation.

1. ESPÈCES SPÉCIALISÉES des DUNES

Ammophila arenaria, *Agropyrum junceum*, *Anthemis maritima* * (1), *Cakile maritima*, *Convolvulus Soldanella*, *Crucianella maritima* *, *Cyperus schœnoides* *, *Diotis candidissima*, *Echinophora spinosa* *, *Eryngium maritimum*, *Euphorbia Paralias*, *Euphorbia Peplis*, *Kœleria villosa* * (2), *Malcolmia littorea* *, *Malcolmia parviflora* *, *Matthiola sinuata*, *Medicago marina*, *Orlaya maritima* , *Pancratium maritimum*, *Polygonum*

(1) Espèces méditerranéennes marquées d'un astérisque.

(2) Signalé introduit à Bédarieux par Coste et Sennen (1894, p. 110).

maritimum, *Polygonum Roberti*, *Rumex tingitanus* * (1), *Scleropoa maritima*, *Spartina versicolor*, *Sporobolus pungens* *, *Stachys maritima* *.

Cette liste comprend les espèces dont la présence exclusive sur les dunes n'offre aucun doute. Nous pouvons y ajouter un certain nombre d'autres espèces qui ont été trouvées ailleurs, mais dont les stations extra-littorales sont exceptionnelles ou mériteraient parfois d'être vérifiées : *Asparagus scaber* * : Crau [Castagne 1862] ; *Bromus maximus ambigens* * : champs à la côte d'Aulas, près Le Vigan [Cabanès (2) 1891] ; *Ephedra distachya* : Saint-Jean-de-Védas, Fabrègues [Loret et Barrandon 1888] ; *Avellinia Michellii* : Grammont in herb. Delile ; *Medicago littoralis* : Saint-Jean-de-Védas, La Madeleine, Bione [Loret et Barrandon 1888] ; *Ononis ramosissima* * : La Valette, Fontfroide, etc... [Ibid. 1888] ; *Vulpia uniglumis* : Saint-Jean-de-Védas, Castelnaud [Ibid. 1888].

Les espèces cantonnées sur les dunes sont donc peu nombreuses. Un problème délicat se pose pour elles : quelle est leur aire d'extension ? Il peut éclairer bien souvent des problèmes très complexes, tels que celui de l'origine de la flore de nos dunes. Certaines spécialisées sont communes aux deux continents, indice évident d'une ancienneté très grande non seulement de l'espèce mais de sa spécialisation. Pareille répartition pourrait bien être due en partie à la constance du milieu. La température est régularisée par la proximité de la mer. La composition physico-chimique des dunes ne varie pas souvent dans des limites interdisant l'accès de telle ou telle spécialisée. L'*Ammophila arenaria* par exemple est indifférent à la composition chimique du sol. Il est beaucoup plus sensible à ses caractères physicomécaniques : or, sous ce rapport encore, il peut rencontrer presque toujours des conditions favorables à son installation. Il en est de même pour les autres spécialisées : on les rencontre partout où il y a des dunes *sous un climat déterminé*. Le climat constitue pour ces plantes le

(1) Quitte parfois le littoral africain pour les « sables saumâtres de la région des chotts » [Debeaux, 1891]. Il est néanmoins exclusivement littoral chez nous.

(2) Cabanès [1891] : *Bromus maximus* Desf. forma *Br. ambigens* Jord.

facteur important de leur extension. A partir d'une certaine latitude l'*Ammophila arenaria* est remplacée par l'*Elymus arenarius* plus boréal. D'autres espèces (*) plus exigeantes à ce point de vue sont strictement méditerranéennes.

Ces faits sont conformes, dans leur ensemble, à la répartition des espèces aquatiques dont les aires d'extension sont généralement très vastes en raison même de la constance du milieu dans lequel elles vivent.

Dans l'aire d'extension de l'espèce, comment se fait la propagation ? Autrement dit, d'où proviennent les semences sur un point donné ?

M. Massart [1908] pose le problème pour le littoral belge. D'après lui : « les espèces propres aux dunes viennent probablement des dunes littorales d'autres pays » (p. 103) et « les espèces qui ne se rencontrent en aucun pays loin de la mer sont certainement transportées d'un point à un autre le long des littoraux ». Il établit ensuite un parallèle entre la répartition géographique des plantes exclusivement littorales, montrant que « la plupart de ces espèces sont répandues beaucoup plus loin vers le S-W que vers le N-E ». D'où il conclut que « sans aucun doute » la majorité des espèces des dunes de Belgique sont venues du S-W.

Il y aurait donc d'après M. Massart un courant d'immigration (1) locale, dirigé en sens contraire des grandes immigrations climatiques qui se sont produites vers l'équateur.

Malheureusement les documents paléobotaniques sont nuls, sur les plantes psammophiles maritimes. Et, en supposant que des spécimens fossiles puissent être récoltés, il y aurait lieu de faire de grandes réserves sur l'authenticité de leur station originelle, en raison des déplacements mécaniques que ces végétaux mal fixés dans des sables très meubles auraient certainement subi pendant les transgressions marines.

Dans son étude sur les dunes fossiles de Ghyvelde, M. Bouly de Lesdain [1912] étudie le rôle de ces dunes dans la propa-

(1) Cette question est traitée par M. Massart en un chapitre intitulé « espèces immigrées ».

gation des espèces après le Pliocène : « Au point de vue de la géographie botanique, on peut tirer des conclusions importantes de la persistance des dunes pleistocènes jusqu'à notre époque et admettre que quelques-uns des Phanérogames et des Cryptogames qui y végétaient ont colonisé nos dunes littorales ».

Cela est très possible et même probable. Les plantes envahissent les sables au fur et à mesure qu'ils émergent. Il est certain que le nerf de l'anse de Beauduc actuellement en voie d'apparaître, recevra ses premières semences, de la côte actuelle ; et l'on peut penser qu'en Flandre pareils ensemencements se soient perpétués depuis le Pléistocène : mais il n'en est pas moins vrai que le problème de l'origine de la flore demeure entier pour les dunes pleistocènes elles-mêmes, à Ghyvelde.

M. Decrock [1914] reconnaît trois sources possibles à la végétation actuelle du littoral du Golfe du Lion : les sources montagnarde, ibérique, et ligurique. Il donne quelques exemples empruntés à la flore des étangs : par exemple, il retient le *Statice duriuscula* comme ibérique ; mais il ne cite aucune plante des dunes.

Il faut remonter à l'origine des faits pour essayer de saisir le mode de dissémination qui a présidé à l'emprise de la végétation sur notre lido. En raison de l'orientation générale E-W de ce lido, séparé des autres rivages français océaniques par une énorme masse continentale et des autres rives méditerranéennes par d'énormes masses d'eau, on ne peut songer à une importation de la flore spécialisée, suivant les méridiens.

Le lido actuel étant postérieur aux effondrements de la chaîne Pyrénéo-provençale, les plantes spécialisées des dunes proviennent des côtes préexistantes, qui sont restées accrochées au Sud des piliers témoins du plissement (Albères et Estaque). Aussi s'est-on mis d'accord sur les deux courants d'immigration émanant l'un d'Espagne et l'autre d'Italie (1). Peut-on, dans la flore spécialisée des dunes, faire la part des espèces

(1) On admet également ces deux courants pour la faune littorale.

d'après ces origines ? Nous ne le pensons pas et voici pourquoi.

Nous avons relevé les coefficients de présence des spécialisées, en Roussillon, en Languedoc et en Camargue ; ils permettent d'établir trois groupes :

A. — Celui des plantes répandues uniformément, ou à peu près, sur le lido.

B. — Celui des plantes qui sont plus abondantes en Roussillon, vers les Albères.

C. — Celui dont les coefficients augmentent du Roussillon vers la Provence.

A.	ROUSSILLON	LANGUEDOC	CAMARGUE.
<i>Ammophila arenaria</i>	CC	CC	CC
<i>Cakile maritima</i>	CC	CC	CC
<i>Convolvulus Soldanella</i>	AR	AC	AC
<i>Cyperus schænoïdes</i>	AR	AC	AC
<i>Ononis ramosissima</i>	AR	AR	AR
<i>Echinophora spinosa</i>	CC	CC	CC
<i>Eryngium maritimum</i>	CC	CC	CC
<i>Euphorbia Paralias</i>	CC	CC	CC
<i>Euphorbia Peplis</i>	AC	AR	AR
<i>Medicago marina</i>	C	C	C
<i>Medicago littoralis</i>	CC	C	C
<i>Pancreatum maritimum</i>	C	C	C
<i>Asparagus scaber</i> Brign.	AC (1)	AC	AC
<i>Polygonum maritimum</i>	C	AC	AC
<i>Polygonum Roberti</i>	R	R	R
B.			
<i>Matthiola sinuata</i>	CC	C	AC
<i>Stachys maritima</i>	C	R	RR
<i>Ephedra distachya</i>	CC	AR	AC
<i>Malcomia parviflora</i>	AR	RRR	manque ?
<i>Malcomia binervis</i>	AR	RRR	manque ?

(1) L'*Asparagus officinalis* var. *maritimus* L. de Gautier [catal. fl. Pyr. Gr.] nous paraît identique à l'*A. scaber* Brign.

C.

<i>Agropyrum junceum</i>	A R	CC	CCC
<i>Anthemis maritima</i>	A R	CC	C
<i>Crucianella maritima</i>	A R	CC	C
<i>Malcolmia littorea</i>	A R	CC	CC
<i>Orlaya maritima</i> et var. <i>macrocarpa</i>	?	AR	R
<i>Scleropoa maritima</i>	A R	C	C
<i>Koeleria villosa</i>	A C	CC	CC
<i>Scleropoa hemipoa</i>	? (1)	AC	AC
<i>Sporobolus pungens</i>	manque ?	C	C
<i>Spartina versicolor</i>	manque ?	R	R
<i>Bromus maximus ambigens</i>	manque ?	CC	C
<i>Avellinia Michellii</i>	manque ?	RR	RR
<i>Vulpia uniglumis</i>	A R (2)	CC	CC
<i>Rumex tingitanus</i>	manque ?	AR	C (D. Anciennes)
<i>Psilocybe psammophila</i>	manque ?	AC	AC
<i>Montagnites Candollei</i>	manque ?	AC	AC

La catégorie A ne peut pas nous révéler un sens d'immigration. Les plantes qui la composent se trouvent aussi bien en Italie qu'en Espagne.

Les autres catégories nous permettent-elles de considérer les plantes abondantes en Roussillon et rares plus à l'Est, comme étant d'origine Espagnole, et inversement ? Nous ne le croyons pas. Il ne faut pas perdre de vue en effet que les conditions générales des dunes roussillonnaises ne sont pas les mêmes qu'à l'Est du Cap Leucate. Les espèces plus abondantes vers l'Est (B) préfèrent généralement les sables renouvelés : *Agropyrum*, *Scleropoa maritima*, *Spartina*, *Sporobolus*. D'autres s'accommodent mieux des sables plus stabilisés mais non compacts : *Crucianella*, *Anthemis*, *Bromus*, *Scleropoa hemipoa*, *Malcolmia*, *Orlaya*, *Koeleria villosa*, *Vulpia*. Or les dunes du Roussillon ne sont pas riches en sables fins, renouvelés ou non.

(1) Nous ne l'avons pas rencontré en Roussillon. Il n'y est signalé dans aucun ouvrage se rapportant à cette région. Sa présence sur les coteaux calcaires du Roussillon peut faire penser que de nouvelles recherches aboutiraient à sa découverte sur le lido des Pyrénées Orientales.

(2) Cette espèce non signalée par les flores en Roussillon a été relevée par nous sur bien des dunes entre Leucate et les Pyrénées.

Au contraire, parmi les plantes plus abondantes vers l'Ouest, nous voyons le *Matthiola sinuata* qui n'aime pas les sables renouvelés ou trop mobiles. Aussi le rencontre-t-on, très abondant, en plein *Ammophiletum*, dans les Pyrénées-Orientales. Sur le lido languedocien il se tient surtout en arrière du cordon dunal (chemin de Palavas à Maguelone).

Les *Malcolmia binervis* et *parviflora* sont plus communs en Roussillon à cause des leurs exigences vis à vis de la température. Ils sont en effet plus répandus sur les côtes méditerranéennes chaudes et c'est, à notre avis, pour cela qu'ils sont si rares sur le lido languedocien et camarguais refroidi par le Mistral. Ils trouvent au contraire un *refuge* sur le littoral plus chaud des Pyrénées-Orientales. Il en est de même du *Stachys maritima*, commun sur les côtes algériennes et roussillonnaises, plus rare entre La Clape et le Cap Couronne et de nouveau fréquent dans les conques abritées de la Côte d'Azur. L'*Ephedra distachya* confirme encore mieux cette influence de la température. Il forme en Roussillon de véritables prairies immédiatement en arrière des dunes.

On le voit, en aucun cas nous ne sommes en droit de subordonner les conditions du milieu au simple jeu de la dissémination et des courants d'immigration. Le sens des courants ne pourrait s'établir avec quelque certitude à l'aide des coefficients de présence que si les conditions extrinsèques à la végétation étaient tout à fait comparables depuis le Cap Couronne jusqu'au Cap Creus. La méthode de M. Massart n'est donc pas applicable à notre territoire.

Le *Rumex tingitanus* en est peut-être la preuve la meilleure : absent en Roussillon, très fréquent en Camargue, devons-nous en conclure qu'il est d'origine ligurique ? La notion de la zone paraliénne nous en empêche : s'il est abondant en Camargue c'est parce que cette zone y est très profonde ; à la Tamaris-sière elle est déjà beaucoup plus étroite et n'existerait certainement pas sans le boisement ; en Roussillon l'influence continentale, qui se manifeste à un très haut degré jusque dans l'*Ammophiletum* supprime totalement la zone paraliénne. Or notre *Rumex* existe en Espagne et fait défaut en Italie. On imagine difficilement une immigration originelle des côtes ibériques, à travers une région où l'espèce ne se serait point mainte-

nue. D'ailleurs, le courant Espagnol se heurte, dans la pratique soit à la barrière des hautes montagnes pour les espèces continentales, soit à celle des escarpements rocheux pour les psammophiles littorales (1) :

On pourrait objecter que si la voie de terre présente des obstacles sérieux à l'immigration des plantes espagnoles vers la France, la voie par mer a pu être employée. Comme le remarque de Martonne [1920 ; p. 725], « les expériences de Darwin et de Martins ont montré depuis longtemps que plus de 15 % des plantes les plus communes ont des graines capables de flotter au moins un mois dans la mer sans perdre leur pouvoir de germination ». Mais il faudrait, pour faire utilement état de ces résultats, multiplier des expériences très précises en ce qui concerne notamment les plantes de nos dunes. On voit aussi, au cas où elles confirmeraient les données acquises, l'intérêt de bien connaître les courants côtiers.

Quoi qu'il en soit, la grande distance qui sépare la zone française à *Rumex tingitanus* des côtes espagnoles (plus de 200 kilomètres) nous fait plutôt penser que la Camargue est un centre très anciennement occupé par ce *Rumex*, avant même la formation du lido languedocien actuel. D'où sont venus les premiers individus sur le delta rhodanien ? Des rivages pliocènes du Golfe d'Avignon ? La paléobotanique ne nous le dit pas encore. Nous pouvons cependant considérer (pour notre territoire) ce *Rumex* comme un survivant, actuellement localisé dans une zone paralienne discontinue, sur les côtes méditerranéennes occidentales. Dans sa zone rhodanienne de refuge, cette espèce se serait propagée d'un lido à l'autre, suivant sa sensibilité aux influences maritimes, comme les espèces de la dune fossile de Ghyvelde.

Il est également possible que les autres espèces spécialisées du lido actuel (rivage externe) émanent du rivage interne qui borde les étangs au Nord.

En résumé, les deux courants italien et espagnol demeurent à l'état d'hypothèse. S'ils ont réellement existé, la flore ac-

(1) Les psammophiles littorales ont pu néanmoins se propager de crique en calanque de l'Ampurdan au Roussillon.

tuelle n'en donne aucune trace certaine. Ils sont masqués par des conditions climatiques ou dynamiques qui influent diversement sur les plantes suivant qu'elles sont à l'Est ou à l'Ouest de notre Golfe.

Une immigration perpendiculaire à ces deux courants est aussi plausible, les espèces spécialisées se propageant sur les rives nouvelles et abandonnant les anciennes, au fur et à mesure des comblements des grands golfes pliocènes.

II. ESPÈCES NON SPÉCIALISÉES (*accoutumées*)

La majorité des espèces de nos dunes ont une aire plus ou moins développée vers le continent.

Cela veut-il dire à priori qu'elles sont d'origine continentale ? Si l'on admet que certaines espèces adaptées à nos garigues ont pu s'accommoder de la vie psammophile littorale, il est aussi plausible d'admettre que certaines espèces psammophiles puissent s'échapper du lido vers le continent.

On peut faire bien des hypothèses sur pareil sujet ; en réalité nous ne savons rien de la façon dont les plantes se sont accoutumées à la dynamique des dunes. Un fait demeure certain cependant : les plantes les mieux adaptées à cette dynamique sont les spécialisées des dunes. L'*Ammophila arenaria*, l'*Agropyrum junceum*, le *Medicago marina* par exemple, ne quittent pas l'*Ammophiletum* qui correspond au maximum d'activité de la dune. Mais rien ne nous autorise à dire que ces plantes proviennent, par adaptation, d'espèces jadis continentales.

A côté des spécialisées, il y a des espèces qui ont leur maximum d'extension sur les sables littoraux mais qui se rencon-

trent aussi jusque dans nos Cévennes. La plus typique à cet égard est le *Phleum arenarium*. Les individus continentaux sont généralement de taille plus grêle : il y a une réduction morphologique qui est en rapport avec un milieu moins favorable. C'est avant tout une espèce psammophile. Cosson [1848] s'étonne de la trouver à Senlis. Debeaux [1891] attache une grande importance à la découverte de cette espèce à l'Ermitage de Casas de Péna. Aucun d'eux ne parle de la constitution du sol. Or, la région de Senlis est riche en sable fin et partout où nous avons rencontré ce *Phleum* dans la région cévenole c'était sur des arènes provenant de la décomposition des roches avoisinantes, notamment sur les arènes dolomitiques du Caylar. La dispersion de l'espèce, localisée aux sables, est simplement fonction du climat, et rien ne nous autorise à la considérer comme une importation continentale d'origine littorale, ou inversement.

D'autres espèces enfin, et c'est la grande majorité des non spécialisées, ont une aire d'extension continentale très développée ; lorsque celle-ci s'étend jusqu'aux sables littoraux, ces espèces constituent les vraies « continentales » de nos dunes.

Nous sommes ainsi amenés à considérer parmi les non spécialisées : 1° les préférantes littorales ; 2° les indifférentes. Il est assez remarquable en effet qu'à l'inverse des préférantes littorales toujours éparses ou réduites dans leur forme hors de leur station de prédilection, les continentales qui prennent pied sur les dunes y soient presque toujours communes. On ne peut donc pas envisager une catégorie de préférantes continentales : les *Centaurea aspera*, *Clematis Flammula*, *Teucrium Polium*, *Helichrysum Stœchas*, etc... sont au moins aussi prospères sur le lido que dans nos basses collines ou nos plaines chaudes.



L'introduction des non spécialisées dans le cycle de l'*Ammophila* (importations continentales) est presque toujours due aux vents terrestres qui emportent les graines par dessus les vignobles de Camargue, les étangs de Languedoc et la Salanque du Roussillon.

Indépendamment du vent, le facteur important de ces impor-

tations continentales est la distance qui sépare le lido des foyers de semences (1). Or, plus on se rapproche du Roussillon, plus la plaine côtière se resserre. Le Roussillon est lui-même une cuvette entièrement fermée vers le continent par les Corbières, le Canigou et les Albères. Au contraire, la Camargue est largement ouverte au sortir du couloir rhodanien. La distance qui sépare les Saintes-Maries des premiers contreforts cévenols n'est pas inférieure à 25 kilomètres. Aussi, lorsque l'on suit le littoral, du Rhône vers l'Ouest, est-on frappé inévita-

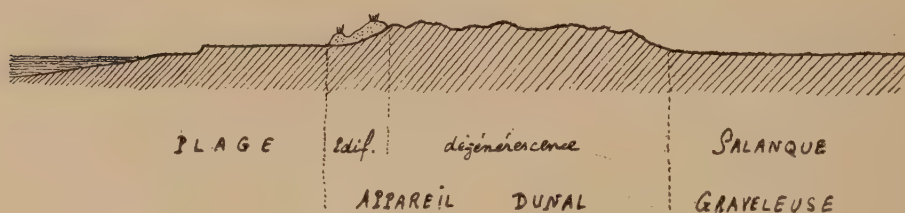


Fig. 27. — Plage et Salanque (Roussillon).

blement par ce fait saillant que les dunes du Roussillon sont de beaucoup les plus riches en espèces continentales.

Ce point de vue géographique est bien entendu solidaire de tous les points de vue d'ordre physique, chimique, mécanique, etc... que nous avons déjà exposés : bien souvent, il faudra faire appel à tous ces facteurs combinés pour expliquer certaines anomalies. C'est ainsi que les dunes à sable très fin de Portiragne (Roquehaute), immédiatement bordées par une flore continentale riche en espèces, conservent néanmoins les caractères maritimes de l'*Ammophiletum* (2), alors que les dunes du Roussillon, en contact immédiat aussi avec la plaine graveleuse de la Salanque (croquis 27) sont au contraire envahies par la flore de cette Salanque, jusque dans l'*Ammophiletum*.

(1) Les eaux d'inondation, en Roussillon surtout, apportent quelques semences qui peuvent se propager sur la dune (*Arundo Donax* abondant au voisinage des embouchures).

(2) Voir plus loin : courant à *Thymus*. Le *Crucianelletum* des dunes éloignées de la mer est très envahi par la flore continentale.

Nous étudierons les conditions de ces diverses importations continentales qui revêtent des caractères spéciaux soit par le fait de la topographie soit pour tout autre cause plus ou moins locale. Nous considérerons successivement la région roussillonnaise dans son ensemble et ensuite les courants plus localisés mais ne pouvant échapper au phytogéographe qui les traverse.

Importations continentales dans les dunes du Roussillon

Le croquis 27 indique le voisinage immédiat de la Salanque à graviers compacts, et de l'appareil dunal médiocre, mal alimenté en sable et en butte au nivellement par la Tramontane. En général, il y a vers la mer, un mince cordon de dunes en activité. C'est sur ces dunes que s'élabore la flore de l'*Ammophiletum*, alors qu'en arrière, sur les dunes dégénérées c'est un *Crucianelletum*.

Nous avons étudié la flore de la Salanque et suivi ses importations sur l'appareil dunal.

La flore de la Salanque littorale graveleuse (photo n° 36) présente trois caractères fondamentaux :

1° Elle est riche en espèces en raison des influences continentales.

2° La densité y est faible (3-5/10 en moyenne) en raison de la structure du sol compact.

3° Elle est naine en raison de la Tramontane et probablement aussi des faibles ressources alimentaires.

En voici les espèces fondamentales :

<i>Corynephorus canescens</i>	3-4	2
<i>Jasione montana</i>	2-3	1
<i>Scrofularia canina humifusa</i>	2-3	2
<i>Medicago littoralis</i>	2-3	1-2
<i>Picridium vulgare</i>	2-3	1
<i>Paronychia argentea</i>	2-3	2

<i>Kochia prostrata</i>	2	1-2
<i>Dianthus attenuatus</i>	2	2
<i>Ruta angustifolia</i>	2	1-2
<i>Ruta montana</i>	2	1-2
<i>Poterium Magnolii</i>	2	1-2
<i>Alkanna tinctoria</i>	2	1
<i>Raphanus Landra</i>	2	1
<i>Polycarpon tetraphyllum</i>	2	1
<i>Anarrhinum bellidifolium</i>	1-2	1
<i>Silene (gallica ?)</i>	2	1
<i>Lagurus ovatus</i>	1	1
<i>Dactylis glomerata hispanica</i>	1	1
<i>Uropetalum serotinum</i>	1	1
<i>Scilla autumnalis</i>	1	1
<i>Bovista ammophila</i>	1	1

Ces plantes sont à peu près constantes. D'autres espèces s'y ajoutent ça et là :

Euphorbia Cyparissias, *Verbascum sinuatum*, *Centaurea aspera*, *Senecio vulgaris*, *Eryngium campestre*, *Salvia clandestina*, *Salvia verbenaca*, *Vaillantia muralis*, *Sedum acre*, *Carlina corymbosa*, *Plantago Lagopus*, *Plantago lanceolata*, *Euphorbia Peplus*, *Reseda alba*, *Chondrilla juncea*, *Crepis bulbosa*, *Euphorbia segetalis*, *Tribulus terrestris*, *Sideritis romana*, *Hirschfeldia adpressa*, *Geranium molle*, *Lepidium graminifolium*, *Antirrhinum Orontium*, *Cladonia endiviæfolia*.

Voici maintenant des exemples qui feront ressortir l'invasion de l'appareil dunal par ces plantes continentales.

C'est entre la station balnéaire de Canet et l'embouchure de la Têt que le mélange des deux flores est à la fois le plus accusé et le plus voisin de la mer. On trouve là de petites dunes formant un chaos très bas (1 à 2^m) de sable un peu graveleux. La densité y est très élevée (7-8/10). C'est un *Ammophiletum*.

1° Espèces communes à tout le littoral.

	Q	S		Q	S
<i>Ammophila arenaria</i>	4	3	<i>Cakile maritima</i>	2	2
<i>Agropyrum junceum</i>	2	2	<i>Medicago littoralis</i>	3	2
<i>Medicago marina</i>	3	2	<i>Salsola Kali</i>	2	1-2
<i>Matthiola sinuata</i>	3	2	<i>Lagurus ovatus</i>	1	1
<i>Echinophora spinosa</i>	3	1-2	<i>Alyssum maritimum</i>	+	2
<i>Eryngium maritimum</i>	2	1-2	<i>Crepis bulbosa</i>	3	1-3
<i>Euphorbia Paralias</i>	3	1-2	<i>Erodium cicut. pilosum</i>	1	1
<i>Stachys maritima</i>	3	1	<i>Scolymus hispanicus</i>	1	1-2
<i>Crucianella maritima</i>	2	1-2	<i>Hypochaeris radicata</i>	2	1
<i>Cynodon Dactylon</i>	+	1-2	<i>Glaucium luteum</i>	1	1-2
<i>Convolvulus Soldanella</i>	+	1			

2° Espèces communes à la Salanque et aux dunes.

<i>Corynephorus canescens</i>	3	2	<i>Reseda alba</i>	2	1
<i>Picridium vulgare</i>	2	1	<i>Dianthus attenuatus</i>	1	1-2
<i>Alkanna tinctoria</i>	1	1	<i>Kochia prostrata</i>	+	2
<i>Scrofularia can. humifusa</i>	1	2	<i>Polycarpon tetraph.</i>	2	1
<i>Jasione montana</i>	1	1	<i>Lepidium graminifolium</i>	1	1
<i>Plantago lanceolata</i>	1	1	<i>Uropetalum serotinum</i>	1	1

Soit un peu plus du 1/3 d'espèces de la Salanque (36,3 %) dont quelques-unes (*Corynephorus*, *Picridium*, *Reseda*) ont des coefficients de présence qui ne le cèdent en rien aux spécialisées. Elles viennent en surnombre parmi toutes les autres espèces que l'on rencontre aussi au Nord du Cap Leucate. On voit par là la richesse de la flore des Pyrénées-Orientales.

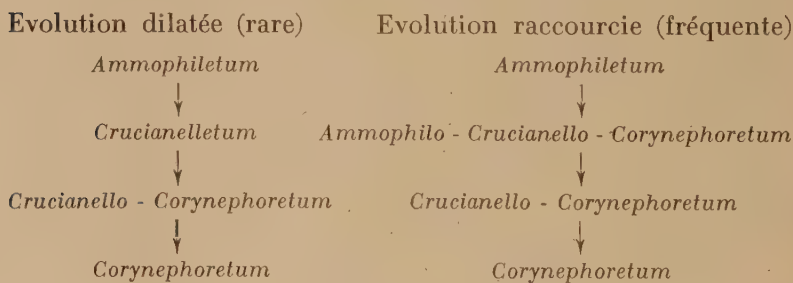
Ce relevé de Canet est valable, à quelques variations près, pour l'ensemble du littoral roussillonnais car ces variations sont toujours réductrices pour la flore continentale, en ce qui concerne l'*Ammophiletum*.

La flore du *Crucianelletum* résulte nécessairement d'un appauvrissement qualitatif dû aux espèces régressives de l'*Ammophiletum* et d'un enrichissement quantitatif et qualitatif des espèces de la Salanque. La Tramontane nivelle les dunes en un plateau vite envahi par les espèces continentales et surtout par le *Corynephorus canescens* qui ne tarde pas à dominer. Ces faits sont à rapprocher de ceux observés sur les dunes de Le Coq

et de Wenduyne en Belgique. On y retrouve *Corynephorus canescens*, *Jasione montana*... « toutes espèces qui sont fort bien adaptées à résister aux sécheresses mais qui seraient incapables de survivre à des déchaussements ou à des enfouissements répétés ». [Wéry ; 1908, p. 203].

Le *Crucianella maritima* lui-même se maintient difficilement et il n'est pas rare de trouver de grandes étendues sans le moindre individu de cette espèce. C'est alors un *Corynephorum* qui succède au *Crucianelletum* sans qu'il soit possible, en raison des pénétrations intimes des flores maritimes et continentales, de déceler sur le terrain un parallélisme net entre les phases floristiques et dynamiques. Celles-ci ne sont même presque jamais individualisées les unes par rapport aux autres : aussi peut-on dire qu'en arrière d'un mince *Ammophiletum* de rejeunissement, s'étend un *Crucianello-Corynephorum* qui peut, sur des espaces variables, être remplacé par le *Corynephorum* de la Salanque, auquel cas les importations continentales sont maxima.

Les faits précédents peuvent être résumés comme suit.



Les courants locaux

Dans certains cas, les importations continentales, au lieu d'être généralisées à toute une région, sont localisées sur certains points et caractérisées par des espèces qui ne se retrouvent pas ailleurs. En voici quelques exemples :

a). Courants à THYMUS-ASPHODELUS

Littoral de Roquehaute (Ouest de la Tamarissière). — Le tableau (n° m) que nous donnons des espèces relevées sur les dunes non boisées de cette région fait ressortir que parmi la flore d'un *Crucianelletum*, 5 espèces étrangères à cette flore proviennent des collines environnantes. Le Thym et l'Asphodèle de nos garigues impriment à cette portion du littoral un faciès continental très spécial.

Rhône de Saint-Roman. — Nous avons reconnu un faciès analogue dans le delta Rhodanien. Le *Thymus vulgaris* et l'*Asphodelus cerasifer* forment 2 îlots situés l'un au Nord-Ouest du Grau-du-Roi et au Sud de l'étang de Ponent, l'autre le long du Rhône de Saint-Roman (Ruy-Blas, La Figueirasse, Terre-Neuve). Ces deux îlots à *Thymus* paraissent bien en rapport avec la région découverte des grands vignobles de Bel-Air et Chaumont, prolongée au Nord par les marais de La Palus. Le foyer des semences serait aux Garigues de Candillargues-Lansargues. La direction générale Nord-Ouest-Sud-Est des foyers dérivés du Ponent et de Terre-Neuve met en évidence l'action du Mistral qui détermine un véritable courant à *Thymus-Asphodelus*.

Tableau M. — Dunes anciennes non boisées
du littoral de Roquehaute

Espèces du Crucianelletum

	Q	S
<i>Crucianella maritima</i>	2	2
<i>Helichrysum Stæchas</i>	3-4	3
<i>Teucrium Polium</i>	2-3	3
<i>Centaurea aspera</i>	+	1
<i>Clematis Flammula</i>	+	1-2
<i>Medicago littoralis</i>	+	1
<i>Ammophila arenaria</i>	+	1-2
<i>Scirpus Holoschoenus</i>	1	1-2
<i>Scabiosa maritima</i>	+	1

<i>Scolymus hispanicus</i>	+	1
<i>Chondrilla juncea</i>	+	1
<i>Silene italica</i>	1	1
<i>Orlaya maritima</i> (1)	1	1
<i>Silene conica</i>	1	1
<i>Vulpia uniglumis</i>	2	1
<i>Koeleria villosa</i>	+	1
<i>Bromus maximus ambigens</i>	1	1
<i>Lagurus ovatus</i>	+	1

Espèces paraliennes

<i>Rumex tingitanus</i>	1	2
-------------------------	---	---

Importations continentales étrangères au Crucianelletum

<i>Asphodelus cerasifer</i> (2)	3	1
<i>Thymus vulgaris</i>	2-3	2
<i>Psoralea bituminosa</i>	1	1
<i>Carex chætophylla</i>	+	1
<i>Medicago minima</i>	2	1
<i>Avena</i> sp.	+	1

b). Courant à THAPSIA.

Etang de Saint-Nazaire. — Entre la plage très large (100^m) et l'étang se trouve une sorte de plateau de sable où la flore est constituée par un mélange des espèces de l'*Ammophiletum*, du *Crucianelletum* et de la Salanque littorale graveleuse. Les vents de terre après avoir franchi la surface plane de l'Etang s'opposent à la formation de dunes élevées. Les espèces de la Salanque s'installent entre les touffes des spécialisées des dunes qui seules retiennent le sable. De sorte qu'en définitive c'est

(1) Et sa variété *macrocarpa* qui paraît localisée aux dunes de cette région.

(2) Cette Asphodèle existe généralement dans les courants à *Thymus*. Nous l'avons retrouvée sur les dunes de Terre-Neuve près du Rhône de Saint-Roman.

une Salanque graveleuse plus ou moins chaotique, d'où émergent ça et là des touffes d'*Ammophila* et d'*Agropyrum*. En voici les espèces, par ordre de fréquence :

Q : 3-4. — *Ephedra distachya*, *Corynephorus canescens*, *Paronychia argentea*, *Alyssum maritimum*.

Q : 3. *Dianthus attenuatus*, *Picridium vulgare*, *Alkanna tinctoria*, *Ruta angustifolia*, *Medicago littoralis*, *Erodium cicutarium*, *Convolvulus Soldanella*, *Scrophularia canina humifusa*.

Q : 2. *Hypochoeris radicata*, *Chondrilla juncea*, *Poterium Magnolii*, *Helichrysum Stœchas*, *Jasione montana*, *Thapsia villosa*, *Lupinus reticulatus*, *Lathyrus* sp. (mort), *Reseda alba*, *Cladonia endiviæfolia*.

Ammophila arenaria, *Agropyrum junceum*, *Medicago marina*.

Q : 1. *Centaurea aspera*, *Uropetalum serotinum*, *Silene (gallica ?)* (mort), *Pancratium maritimum*, *Echinophora spinosa*, *Crucianella maritima*, *Crepis bulbosa*.

Q : + *Senecio vulgaris*, *Tribulus terrestris*, *Lagurus ova-tus*, *Antirrhinum Orontium*, *Anarrhinum bellidifolium*, *Ruta montana*, *Malcolmia parviflora*.

Les espèces continentales dominant de beaucoup. Deux d'entr'elles sont particulièrement intéressantes : *Thapsia villosa* et *Lupinus reticulatus*, plantes rares sur le littoral du Roussillon ; le *Thapsia* notamment fait totalement défaut dans nos dunes à l'Ouest de La Clape (1).

c). Courant à LAVANDULA STŒCHAS

Argelès-sur-Mer. — Sur le mince cordon dunal piétiné par les baigneurs on trouve encore des exemplaires mutilés de : *Ammophila arenaria*, *Agropyrum junceum*, *Medicago marina*, et ça et là *Echinophora spinosa*, *Reseda alba*, *Convolvulus Soldanella*, *Matthiola sinuata*, *Medicago littoralis*, *Raphanus Landra*, *Eryngium maritimum*.

(1) Le Lupin, assez abondant dans cette station se retrouve ça et là jusqu'à Leucate (Flahault : comm. verb.).

C'est un *Ammophiletum* roussillonnais. Mais en arrière de ces dunes très basses, se trouve un groupement tout nouveau, dont certaines espèces sont exclusivement cantonnées au Sud du Tech :

<i>Lavandula Stœchas</i>	3	1-2	<i>Andryala lyrata</i>	1	1
<i>Ulex paviflorus</i> (1)	3	2	<i>Spartium junceum</i> (1)	2	2

Elles constituent parfois une véritable lande, par exemple en arrière des dernières maisons d'Argelès-Plage, en compagnie des espèces les plus fréquentes de la Salanque graveleuse et de quelques rudérales.

Le *Lavandula Stœchas* provient, à notre avis, ainsi que la plupart des autres semences silicicoles, des apports du Tech et surtout de la Massane, qui drainent et ravinent les pentes des Albères pauvres en calcaire (2). La grève est d'ailleurs de plus en plus siliceuse au fur et à mesure que l'on se rapproche des Pyrénées dont les vagues déchaussent les roches et en rejettent les débris sur la côte, comme le fait l'Océan sur les côtes Asturiennes [Chermezon, 1920]. Les semences des Silicicoles pyrénéennes apportées par les torrents peuvent se propager spontanément au point de créer une véritable florule calcifuge d'origine montagnarde. C'est le courant à *Lavandula Stœchas* au Sud du Tech (3).

(1) Ces deux espèces auraient été introduites là en 1861 avec *Pinus Pinaster* (Flahault : comm. verb.).

(2) « Aucune des parties de la chaîne des Pyrénées qui se développe dans le Roussillon n'est dépourvue de roches calcaires et par suite les alluvions qui forment la plaine contiennent aussi des éléments calcaires en proportion plus ou moins grande » [Flahault : c., p. 31], mais dans la région d'Argelès les apports non calcaires sont prédominants, et les calcifuges peuvent s'y installer et s'y propager.

(3) Debeaux avait eu [1880] la notion de ces influences montagnardes qui constituent ses « points de contact » entre les flores littorales et continentales, mais il n'en a jamais donné d'exemples.

III. CONCLUSIONS

Toutes les causes si diverses qui président à la répartition des végétaux sur le littoral du Golfe du Lion, aboutissent à certaines modalités sinon qualitatives, du moins quantitatives qui impriment au tapis végétal de véritables *faciès* floristiques, expressions physionomiques des causes locales extrinsèques à la végétation.

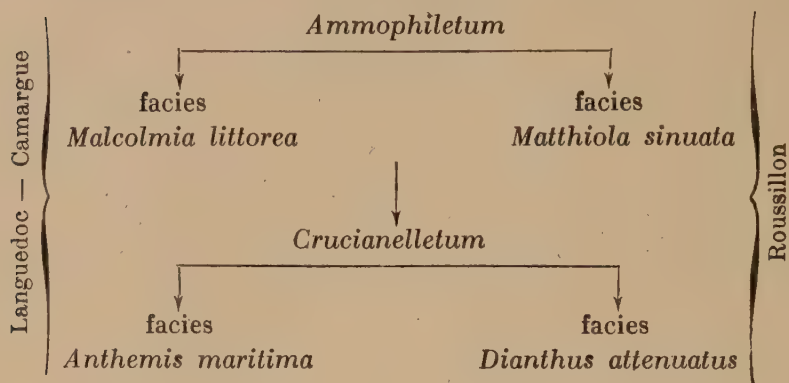
L'*Agropyretum* a une seule physionomie parce qu'il n'est réalisé que dans des conditions assez rares, localisées en Camargue, plus rarement en Languedoc.

L'*Ammophiletum* comprend deux faciès très nets de part et d'autre du Cap Leucate. Au Sud, c'est le *Matthiola sinuata* qui devient très abondant ; au N-W c'est au contraire le *Malcolmia littorea*. D'autres plantes accentuent la différence de faciès ; par exemple le *Picridium vulgare*, très abondant sur les dunes du Roussillon, fait totalement défaut en Languedoc et en Camargue où il est remplacé par l'*Hypochoeris radicata*. Mais les deux Crucifères à fleurs violettes si visibles diffèrent bien plus par leur port et les hampes florales érigées et nombreuses du *Matthiola sinuata* impriment aux dunes un faciès qui diffère totalement de celui des montilles à *Malcolmia littorea*.

Quant au *Crucianelletum*, la plante qui lui donne son cachet le plus frappant en Languedoc et en Camargue c'est l'*Anthemis maritima* aux touffes si abondamment fleuries. Il manque ou est très épars dans le Roussillon, où le *Dianthus attenuatus* prend au contraire un grand développement : les touffes de fleurs roses forment un contraste frappant avec les fleurs blanches de l'*Anthemis*.

Ces faciès qui ne sont que des modalités secondaires de la

sociologie générale de nos dunes méditerranéennes françaises, peuvent être résumés comme suit :



CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Des Pyrénées au Cap Couronne, les dunes se développent sur un lido de 250 kilomètres de long, et de largeur très variable. Rarement interrompu par des graus ou par des Souillères, il répond, de part et d'autre du Cap Leucate à des conditions assez différentes.

1° Les dunes roussillonnaises sont basses, pauvres en éléments fins que la Tramontane (vent du Nord) balaye souvent. C'est la *région des graviers* drainés par les torrents pyrénéens (Tech, Têt, Agly).

2° Entre le Cap Leucate et le Cap Couronne : les sables d'une grande finesse sont particulièrement favorables à la formation des dunes.

Sur les côtes S-W—N-E du département de l'Hérault, la lutte est rude entre les vents de terre et les vents du large : la dune s'élève et se détruit suivant la direction et la force de ces souffles. En arrière (au Nord) d'une zone de rajeunissement des sables, le cordon dunal pris à rebours par le Mistral, offre l'aspect d'un immense chaos sans cesse remanié sur place : c'est la *région des caoudeyres*.

Au contraire, sur les côtes de Camargue souvent orientées N-S (Espiguette, Beauduc) les dunes alimentées surtout par les sables dont se charge le Mistral sur plusieurs kilomètres, parallèlement à la côte, atteignent les hauteurs les plus grandes autour du Golfe du Lion et parfois même cheminent vers le S-E (Terre-Neuve) : c'est la *région des grandes dunes et des dunes mobiles*.

* * *

Malgré tout, cependant, il existe une dynamique générale de la dune dont les diverses modalités relèvent toujours du même principe : La grande majorité du sable trié par les vents se heurte à un obstacle qui par sa nature vivante est susceptible de réactions.

L'obstacle vivant est le facteur dynamique fondamental de la formation des dunes du Golfe du Lion. A part quelques *dunes de plage*, de faible durée, la dune couverte de végétation est la règle, ce qui nous permet d'opposer le *type méditerranéen* au *type atlantique* de certaines dunes landaises dépourvues de végétation.

La plante a de grandes difficultés à prendre pied sur les sables instables de notre lido. Les conditions qui président à la stabilisation des semences et à la fixation de la plantule prennent ici une importance capitale. Elles aboutissent en définitive à des associations dont la densité de la population végétale dépasse rarement 4/10.

Parmi les caractères statiques de l'obstacle, le plus important est sa *perméabilité* au vent et par conséquent au sable. Les degrés de cette perméabilité sont très divers mais en aucun cas sur les dunes côtières du moins, l'obstacle vivant n'est imperméable. Il n'est jamais très élevé. Les types biologiques les plus répandus sont les types *géophyte à rhizome* et *chaméphyte à pivot*.

Les caractères géodynamiques qui leur correspondent sont d'une très grande importance dans l'évolution générale des dunes. Les Géophytes à rhizome ont une préférence marquée pour le stade d'édification de la dune. Certains d'entr'eux (*Ammophila arenaria*, *Agropyrum junceum*) sont les principaux éléments de conquête de nos plages. Ils sont *offensifs*. Les Chaméphytes à pivot, très nombreux, résistent rarement à l'ensevelissement (*Medicago marina*). Dans tous les cas cette résistance est moindre que celle des Géophytes à rhizome. La solidité du pivot peut être accrue par le développement d'une nappe de racines adventives (*Teucrium Polium*) : l'action destructrice que les vents exercent sur la dune est alors limitée sinon entravée par cette organisation *prohibitive* qui stabilise la dune au premier chef. Cependant cette protection n'est pas absolue parce que le pivot peut être mis à nu par le sommet ce qui entraîne l'écroulement de tout l'individu. Les plantes stolonifères (*Ephedra distachya*) résistent le mieux aux déchaussements progressifs et retardent, sans toutefois l'empêcher, l'érosion éolienne, par voie *défensive*.

Tous les végétaux qui ne relèvent pas de l'un de ces ty-

pes d'organisation, au moins partiellement, sont d'un intérêt médiocre dans la dynamique des dunes. Chaméphytes sans racines adventives ou Thérophytes, leur valeur dynamique est fonction simplement de leurs coefficients de quantité et de sociabilité (sociabilité collective), généralement faibles. Ils sont *neutres*.

*
**

Il existe un parallélisme étroit entre l'évolution de la dune et celle du tapis végétal qui la couvre.

Pendant le *stade de jeunesse* des dunes les difficultés qu'éprouvent les plantes à se maintenir sur le sol très meuble entraînent deux conséquences importantes : 1° Le pionnier, mieux adapté, devient dominant ; 2° Le type biologique qui prévaut et celui des *Géophytes à rhizome* (*Agropyrum junceum*, *Ammophila arenaria*).

Cependant les *Géophytes à rhizome* ne sont pas aptes à prendre pied sur toutes les plages. Leurs semences germent de préférence à une certaine distance de la laisse de mer, sur des sables meubles plus ou moins dessalés. Sur les plages basses, visitées par la mer, les *Halophytes* sont les vrais pionniers (*Salicornia macrostachya*, *Inula crithmoides*).

D'autre part, l'*Ammophila* possède une aptitude à accumuler les sables, plus grande que celle de l'*Agropyrum* : aussi, ce dernier prend son développement optimum sur les plages exhausées larges (Sud du Grau-du-Roi), plus riches en sable que les plages exhausées étroites où domine l'*Ammophila*.

*
**

Tous ces pionniers déterminent toujours le même résultat : accumulation de sable. A partir de ce moment trois faits importants sont à noter : 1° Les groupements floristiques qui s'établissent sur les sables accumulés sont indépendants de la nature du pionnier ; ils ont sensiblement la même composition floristique ; 2° Dans une évolution dilatée, où les divers stades sont marqués par le développement successif des espèces dominantes, celles-ci ont une répartition altitudinale très nette,

qui est fonction de leur aptitude à accumuler les sables. Par exemple, la formation des *dunes de comblement* sur les Souillères est marquée par trois stades superposés, qui se maintiennent ainsi lorsque la dune est adulte : le *Salicornietum* est au pied de la dune, l'*Ammophiletum* jeune au sommet et, entre les deux, l'*Agropyretum*. En projection horizontale c'est une *ceinture*. Mais il arrive souvent que ces espèces soient *co-dominantes*. L'évolution est alors raccourcie. Sur les plages exhaussées l'*Agropyrum* et l'*Ammophila* entreprennent souvent en quantités sensiblement égales, la conquête de la plage, constituant ainsi un *Agropyro-Ammophiletum*. Sur les plages basses, le *Salicornia macrostachya* et l'*Inula crithmoides* co-dominent souvent. On le voit, cette co-dominance vaut pour des espèces dont les aptitudes dynamiques sont voisines ; 3° La destinée de tous les groupements originels est la même : au cours de leur évolution, ils sont toujours marqués par l'apparition plus ou moins précoce de l'*Ammophila* et par son extension plus ou moins tardive. Ce sont, à ce titre, des *groupements convergents*. Mais l'Oyat, se libérant bientôt de toute co-dominance possible, prend le dessus : c'est une nouvelle phase floristique : l'*Ammophiletum*. Tous les groupements qui convergent vers cette phase ont alors la valeur d'un *Pro-Ammophiletum*.

Le maximum d'extension de l'Oyat coïncide avec le développement optimum de la dune, c'est-à-dire avec son *stade adulte*. Nous avons écrit à ce sujet [Av. 1921] : « A la capacité de charge, fonction du sable, correspond un pouvoir de décharge, fonction de l'obstacle. On conçoit dès lors que les vents du large, en raison même de la conquête de la plage par l'*Ammophila*, n'arriveront aux crêtes les plus lointaines et les plus hautes qu'avec une charge résiduelle plus ou moins réduite et même nulle. Les dunes qui échappent ainsi à l'alimentation en sable sont arrivées au stade adulte : elles entrent alors dans la phase de conservation ».

Au point de vue floristique, le fait saillant de l'*Ammophiletum* réside dans son homogénéité sur tout le territoire côtier du Golfe du Lion. Cela tient à ce que la majeure partie des associées les plus fidèles de l'Oyat jouent un rôle important dans la dynamique des dunes et nous savons que celle-ci relève des mêmes principes généraux sur tout notre lido. Ces asso-

ciées sont en effet soit des édifcatrices (*Medicago marina*, *Malcolmia littorea*) soit des stabilisatrices (*Anthemis maritima*). Parmi ces dernières une mention particulière doit être faite pour celles qui contribuent le plus à l'homogénéité de l'*Ammophiletum* : leurs aptitudes géodynamiques et leurs comportements biologiques sont parallèles et nous les avons appelées, à cause de cela, des *associées synergiques* (*Echinophora spinosa*, *Eryngium maritimum*, *Euphorbia Paralias*). Il est probable que beaucoup d'associations doivent leur caractère d'homogénéité à un fonds floristique constitué par des associées synergiques. Cependant, en dehors de toutes ces plantes qui jouent un rôle important dans la dynamique des dunes, il en existe d'autres qui, tout en ayant un rôle neutre, contribuent dans une grande mesure à cette homogénéité : tel le *Scleropoa maritima*. Leur importance, réelle au point de vue de la diagnose de l'association, ne vaut qu'à ce point de vue statique (1).

La différenciation optima de l'*Ammophiletum* est acquise : 1° par la régression ou la progression d'un très petit nombre d'espèces préexistantes dans le *Pro-Ammophiletum* (3 régressives et 6 progressives) ; 2° par un grand nombre d'espèces (une trentaine) qui y font leur apparition au fur et à mesure de la stabilisation du milieu. Mais, dans l'ensemble, l'*Ammophiletum* et un groupement floristique pauvre en espèces : nous devons attribuer cela au régime dynamique et aux conditions édaphiques des dunes adultes dont on ne peut dire, en réalité, qu'elles soient vraiment stabilisées.

* * *

Aussi ne sommes-nous point étonnés de l'enrichissement de la flore au cours du *stade de dégénérescence* des dunes, qui comporte une stabilisation plus grande.

Les Géophytes à rhizome, représentés déjà surtout par l'Oyat, diminuent de *vitalité* : l'apport de sables sans cesse renouvelés, si favorable à leur développement, se ralentit de plus

(1) Ce fait a été mis en lumière par M. Braun-Blanquet [1921, p. 344] qui, se plaçant au point de vue de la *fidélité* donne au *Scleropoa maritima*, simple *thérophyte*, une place de premier plan dans son association à *Ammophila-Medicago marina*.

en plus et finit même par n'en plus se produire. C'est alors l'invasion des Chaméphytes à pivot et des Hémicryptophytes à rosettes ; et, en définitive l'Oyat périclite pour deux raisons solidaires : par diminution de sa propre vitalité et par l'infériorité qui en résulte pour lui à lutter contre les Chaméphytes de plus en plus envahissants ; en particulier, contre le *Crucianella maritima* dominant désormais la phase *Crucianelletum*.

Des différences essentielles existent entre l'*Ammophiletum* et le *Crucianelletum* : 1° L'*Ammophiletum* succède au *Pro-Ammophiletum* par suite de l'élévation de la dune. Il se différencie, en somme, à un niveau supérieur et, par conséquent, il ne détruit pas les associations préexistantes. Au contraire, le *Crucianelletum* envahit sur place l'*Ammophiletum* : La phase de transition entre ces deux stades est donc marquée par la concurrence vitale, au détriment de la dominante et au profit de ses auxiliaires momentanés. Au cours du stade de transition entre l'*Ammophiletum* et le *Pro-Ammophiletum* l'Oyat se libère insensiblement de toute concurrence vitale par un décalage altitudinal, sans préjudice pour le développement acquis des autres espèces ;

2° La flore de l'*Ammophiletum* est formée en grande partie par des espèces non préexistantes : celles-ci sont au contraire en minorité dans le *Crucianelletum*.

Il semble bien que, dans ces conditions, il y ait lieu de faire une distinction entre les successions qui sont dues à la concurrence vitale et celles qui s'enchaînent sans se détruire. Floristiquement, les premières résultent bien souvent de modifications quantitatives ; les deuxièmes au contraire ont des étapes mieux marquées par des modifications qualitatives. De là l'intérêt des espèces préexistantes et non préexistantes.

L'Oyat prend une grande valeur, précisément parce que les successions sans concurrence (*Salicornietum*, *Agropyretum*, *Ammophiletum*) et les transformations sur place (*Crucianelletum*) dépendent étroitement de son degré de vitalité. Les deux premières phases de l'évolution des dunes, le *Pro-Ammophiletum* et l'*Ammophiletum*, sont liées à la vitalité croissante de l'Oyat. Le *Crucianelletum* n'apparaît que lorsque cette vitalité décroît. L'*Ammophila* domine ainsi toute l'évolution floristique des dunes.

*
**

Le *Crucianelletum* est capable de se maintenir pendant très longtemps sans modifications importantes, tant que les conditions de milieu demeurent à peu près semblables. Entre Carnon et le Grau-du-Roi, il est fort probable que ce groupement floristique est presque aussi ancien que le lido et qu'il n'a pas subi de changements appréciables.

Lorsque les conditions du milieu se modifient, des transformations floristiques profondes peuvent se produire.

Les causes de ces transformations sur notre lido, peuvent avoir des effets localisés (érosion éolienne, caoudeyres ; érosion marine, fausses caoudeyres) ou bien leurs effets intéressent au contraire tout un ensemble floristique (retrait de la mer par ex.).

Les érosions localisées peuvent faire apparaître au bord des caoudeyres et des fausses caoudeyres, une nappe d'eau douce qui permet l'installation d'une flore plus ou moins hygrophile. Si le salant remonte dans ces bas-fonds, les Halophytes s'y développent.

Dans toutes ces dépressions, quelle que soit leur origine, les sables ne tardent pas à s'accumuler vers le centre. Ce *monticule central* d'origine purement mécanique peut être le point de départ d'une nouvelle dune dès que l'Oyat l'envahit. Et ainsi la dune détruite est remplacée par une nouvelle dune. Partout où la destruction et l'édification alternent, les semences de l'Oyat sont toujours prêtes à rebâtir ce que les ouragans ou la lente érosion ont détruit et ainsi l'évolution de l'appareil dunal est en somme un *cycle* entièrement dominé par la biologie de l'Oyat.

*
**

Le maintien du *cycle de l'Ammophila* est fonction du maintien des causes de destruction et d'édification. Si, pour une raison quelconque, l'une de ces causes vient à être supprimée, une nouvelle série floristique succèdera au cycle.

Le recul progressif de la mer entraîne la disparition des espèces maritimes au profit d'abord des espèces paraliennes,

puis des espèces continentales. Sur certains points particulièrement abrités des influences marines il peut y avoir une flore presque exclusivement continentale. En réalité, cette accélération est souvent provoquée par le boisement : les Pinèdes de Camargue abritent une flore où les espèces maritimes et paraliennes font souvent défaut.

Le delta rhodanien n'en est encore qu'à la période paralienne de son évolution. L'extension considérable du *Rumex tingitanus*, hors des Pinèdes et sur les lidos les plus anciens nous paraît en fournir une preuve suffisante.

Partout où le continent ne gagne pas sur la mer, le lido n'en est qu'à sa période maritime. Les côtes du Roussillon n'abritent point d'espèces paraliennes entre le Cap Leucate et la Massane, mais cela ne veut pas dire cependant qu'il soit récent. Qu'on ne s'y trompe point : la période paralienne n'y est point marquée floristiquement parce que dans cette cuvette étroitement bordée de hautes montagnes, les influences continentales se font sentir jusque sur les dunes en voie de formation. Les atterrissements pliocènes du golfe de Perpignan ont été aussi puissants que ceux du delta rhodanien. Cependant la zone paralienne n'y a peut-être jamais existé en raison de la proximité des hauts abris. La Camargue au contraire est largement ouverte vers le Nord : entre la plage des Saintes-Marie et les basses garigues de Vauvert ou les Alpilles des Baux, il y a place pour une large zone paralienne.

Il n'est pas sans intérêt de remarquer que l'avenir de cette zone intermédiaire de Camargue se dessine actuellement : le lido de Montcalm, si les atterrissements du Rhône continuent, verra progressivement disparaître le *Rumex tingitanus* qui se reportera plus au sud, de lido en lido. Sa vitalité diminuera au profit des importations floristiques dont les sources sont aux garigues et dont le transport est assuré par le Mistral à en juger d'après les courants à *Thymus vulgaris* qui se glissent jusque dans la zone maritime (Terre-Neuve).

On peut constater des faits analogues pour la zone maritime qui émigre nettement, dans son ensemble, vers le Sud. Les derniers vestiges de l'*Ammophila* sur le lido intermédiaire de Jarras indiquent une localisation prochaine de l'Oyat sur le lido actuel. Sans le boisement, ce serait un gain pour la zone

paralienne. Avec la Pinède c'est le passage direct à la zone continentale.

* * *

Quelles conclusions pratiques pouvons nous tirer de nos recherches ? Quels enseignements nous donnent-elles pour l'avenir économique du littoral du Golfe du Lion ?

Tout d'abord, l'évolution naturelle de l'appareil littoral nous indique un ralentissement de plus en plus marqué dans l'activité maritime. Les pêches paraissent désormais orientées vers la mer et la batellerie des étangs va diminuant, en raison de la fermeture des graus.

L'accès de la côte n'est permis aux navires de fort tonnage que sur des points très rares, ports maintenus artificiellement et dont l'activité est fonction du dragage.

La barrière du lido a une deuxième conséquence : le paludisme. Lenthéric a mis en lumière [1876] cette période économique stérile succédant à une période maritime prospère. La nécessité d'assécher nos étangs et d'en accélérer la salubrité par la culture se fait de plus en plus sentir. Les efforts accomplis dans ce sens par les ingénieurs du 18^e siècle et de la première moitié du 19^e n'ont pas été suivis. Il a fallu la guerre de 1914-1919 pour que la question du paludisme fit l'objet de nouvelles recherches, mais le point de vue pratique du problème demeure entier. La Phytogéographie confirme la possibilité d'une période agricole entrevue par Lenthéric (évolution de l'étang d'Ingril). A défaut d'entreprises, trop onéreuses sans doute actuellement, il semble que l'on puisse cependant s'efforcer de rendre prospères tous les sols exondés.

Parmi ceux-ci, les uns sont salés : ce sont les *Sansouires* et les *Souillères*. D'autres au contraire se sont libérés spontanément des influences marines par un exhaussement considérable et par les pluies : ils constituent l'ensemble des dunes. Or, l'exhaussement est dû en grande partie à la flore et notamment à l'Oyat. Cette plante doit donc attirer l'attention des cultivateurs. Détruire l'Oyat sur le lido actuel c'est ralentir la formation des dunes. Deux conséquences graves peuvent en résulter : 1^o l'invasion des sables ; 2^o l'invasion de la mer. Des exemples

nous ont été donnés de ces imprudences. Le vignoble de Maguelone établi en arrière d'un rideau de dunes trop aminci par le nivellement est actuellement enseveli sous les galets, en grande partie. Celui de Rafalino, est entièrement ensablé par le Mistral (1). Au Mas de Maurice, un vignoble a été récemment créé (1920-1921) sur un lido très étroit et au détriment d'une partie de l'appareil dunal : il paraît être à la merci d'une forte tempête.

Sur ces lidos étroits, les plantations d'arbres et d'arbustes s'imposent. Des essais sont entrepris dans ce sens, notamment par la Compagnie des Salins du Midi. Nous avons signalé le rôle important que pourrait jouer le *Populus alba* (Carnon).

Sur les lidos anciens, la conservation de l'Oyat n'est plus obligatoire : que la dune soit mobile (Terre-Neuve) ou qu'elle soit stable, son nivellement est toujours profitable à l'avenir économique de cette région. Le temps n'est pas éloigné où les derniers vestiges des dunes anciennes disparaîtront sous la pioche. Attendre plus longtemps pour les niveler n'entraînerait aucun apport nouveau de sable. Les beaux vignobles de Terre-Neuve, de Listel, ne sont point sujets aux invasions marines et l'action du Mistral est enrayée par les procédés culturaux. Seul, le salant crée parfois de gros dommages lorsque les dunes sont étalées sur les Souillères. Les travaux de nivellement peuvent alors paraître prématurés s'ils ne sont point précédés d'un colmatage. Aussi, la mise en valeur de terrains salés à l'embouchure de l'Aude, actuellement en voie d'exécution, est-elle basée sur la submersion : on y prévoit des terres à céréales et à fourrages.

En somme, tous les efforts agricoles consistent à accélérer l'évolution naturelle de l'appareil littoral. Affranchir le sol des influences marines c'est transformer directement la période maritime en une période continentale par suppression de la

(1) Des vignobles sont actuellement créés (1923) au sud du Grau-du-Roi, aux dépens des dunes *les plus proches* de la mer. Nous avons vu l'*Ammophila* prendre pied dans les jeunes plantiers. Une dune artificielle est créée en avant, c'est-à-dire sur la plage même. Nous n'hésitons pas à considérer ces nivellements comme très hasardeux, malgré l'optimisme des cultivateurs de cette région.

période paraliennne. Deux procédés ont été successivement employés pour obtenir ce résultat : d'abord le boisement, ensuite la culture de la vigne, plus rémunératrice.

Au voisinage plus immédiat de la mer, sur le lido actuel, la Pinède au N. du Grau-du-Roi est mal venue. La culture de la vigne, nous l'avons vu, ne peut y être généralisée. Deux principes paraissent devoir donner quelque fruit pour l'avenir de cette bande littorale : diminution des pâturages par les chèvres (1) et recherche d'une culture fixatrice et rémunératrice des sables. Des essais sont actuellement entrepris dans ce sens.

Enfin, lorsque la vocation agricole de l'appareil littoral sera de plus en plus affirmée, il conviendra de doter le lido de communications commodés. Une route entre Carnon et Palavas est en projet. La réunion d'Agde à Cette par une route parallèle à la voie ferrée paraît enfin devoir se réaliser. Des Pyrénées au Cap Couronne les communications perpendiculaires au rivage sont nombreuses : l'avenir économique du littoral ne pourrait que s'améliorer si toutes ces antennes étaient reliées par une grande route côtière.

VU ET APPROUVÉ :

Paris, le 19 Avril 1923.

Le Doyen de la Faculté des Sciences,
M. MOLLIARD.

VU ET PERMIS D'IMPRIMER :

Le Recteur de l'Académie de Paris,
P. APPELL.

(1) Les chèvres broutent de préférence le *Cakile maritima*, l'*Eryngium maritimum*, l'*Agropyrum junceum*, l'*Ammophila arenaria*. L'*Euphorbia Paralias* les tue, mais elles ne le broutent que la nuit. Aussi les troupeaux libres dépérissent-ils rapidement. Les troupeaux que l'on rentre la nuit se maintiennent prospères et le lait est d'excellente qualité.

DEUXIÈME THÈSE

Propositions données par la Faculté

- 2° *La faune du bas Languedoc et du Roussillon ;*
- 3° *Les formations éoliennes.*

BIBLIOGRAPHIE

1. **Allemandet, 1905.** — La météorologie de la Méditerranée. *La Géographie*, 15 décemb. 1905, p. 440.
2. **Arbost (J.), 1921.** — La végétation de la Côte d'Azur et des Alpes maritimes. *Bull. soc. Bot. Fr.*, mai-juin.
3. **Astre (Gaston), 1920.** — Sur la biologie des mollusques dans les dunes maritimes françaises et ses rapports avec la géographie botanique. *Thèse pour le doctorat de l'Université (Pharmacie)* ; Toulouse, 1920. *C. R. Acad. Sc.*, 11 octobre 1920. *Bull. assoc. franç. pour l'avanc. des sc.*, 44^e Session, Strasbourg, 1920.
— — — **1921.** — Contribution à l'étude de la répartition des zones biologiques sur les dunes méditerranéennes du Golfe du Lion. *C. R. Acad. Sc.*, 2 mai 1921.
4. **Astruc, 1737.** — Mémoires pour l'histoire naturelle de la province du Languedoc.
5. **Barrandon (A), 1871.** — Compte rendu de quelques promenades aux environs de Montpellier. *Bull. soc. Bot. Fr.*, T. XVIII, 1871, pages 170-175.
6. **Beauchamp (de), 1914.** — Les grèves de Roscoff (*L'homme, Paris*).
7. **Beadnell, 1910.** — The Sand-Dune of the Lybian Désert. *Géogr. Journ. Av.* 1910. Voir analyse par Chudeau in *La Géographie*, 15 sept. 1911.
8. **Beaumont (Elie de), 1845.** — Leçons de géologie pratique professée au Collège de France en 1843. (T. I. Etude sur les cordons littoraux).
9. **Béguinot (Aug.), 1913.** — La vita delle piante superiori nella Laguna di Venezia e nei territori ad essa circostanti. *Venise*.
10. **Benest (Henri), 1899.** — Fleuves sous-marins. Epanchements d'eaux douces au-dessous du niveau de la mer. *Géogr. Jour.*, oct. 1899 ; *Publ. n° 3 et Univ. nouv. instit. géogr. de Bruxelles*, 1900. Voir ann. géogr. 1901 : *Bibliographie de 1900*, n° 86.

11. **Bentham** (Georges), 1826. — Catalogue des plantes indigènes des Pyrénées et du Bas-Languedoc.
12. **Bernard**, 1833. — Rapport sur la marche des sables et des atterrissements du Port de Cette.
13. **Bertholy** (Ernst), 1900. — Krauselungsmarken und Dünen. *Münchener Géog. Studien*, hrsg. v. Siegmund Günther 9 Stück. Voir ann. géogr. Bibliogr. 1900, n° 68.
14. **Bertrand** (Léon), 1921. — Les anciennes mers de France et leurs dépôts. Paris, Flamm.
15. **Beulaygue**, 1901. — Etude du Calystegia Soldanella R. Br. Thèse.
16. **Blanchard**, 1789. — Mémoires sur les ensablements et sur le port de Cette (*manuscripts*).
17. **Blayac** (J.), 1907. — L'Agoût tributaire de l'Aude et la vallée du du Lhers mort. C. R. Acad. sc., 23 déc. 1907. Voir *Leymerie et Magnan*.
18. **Bourguignon-Duperré**, 1838. — Mémoire sur l'ensablement du Port de Cette et sur une reconnaissance hydrographique des environs.
19. **Bousquet** (Louis), 1922. — Les genres de vie dans le delta du Rhône. *Bull. soc. Languedoc. de Géog.*, T. XLV.
20. **Boyer** (J.), 1920. — La fixation des Dunes par les Oyats. *Journ. A l'Aventure*, 29 juil. Photographies.
21. **Braun** (Gust.), 1911. — Entwicklungsgeschichtliche Studien aus europäischen Flachlandskusten und ihren Dünen. *Veröffentlichungen des Instituts für Meerskunde und des géogr. Instituts an der Univ. Berlin* ; Heft 15, Juli.
22. **Braun-Blanquet** (Josias), 1915. — Les Cévennes méridionales (massif de l'Aigoual), étude Phytogéographique. Genève.
 — 1918. — Schœde ad Floram exsiccatam : herausgegeben von J. Braun-Blanquet. 1 Lieferung Nr. 1-100.
 — 1919. — Essai sur les notions d' « éléments » et de « territoire » phytogéographiques. *Arch. sc. phys. et nat.* ; 5^e Période ; Vol. I.
 — 1919. — Herborisations dans le Midi de la France et dans les Pyrénées méditerranéennes. *Ann. du Conserv. et du Jard. Bot. de Genève* ; vol. XXI, p. 25-47.
 — 1921. — Prinzipien einer Systematik des Pflanzengesellschaften auf floristischer Grundlag. *Jahrbuch der St. Gallischen Naturwiss. Gesselsch.* 57 Band, II Teil 1920 et 1921.
 — **Braun-Blanquet, Pavillard**, 1922. — Vocabulaire de Sociologie végétale. Montpellier (Roumégous et Déhan).
23. **Cabanès**, 1891. — Catalogue des plantes non mentionnées dans l'ouvrage de Pouzols et nouvelles pour la flore du département du Gard. *Bull. soc. étud. sc. nat. de Nîmes*, n° 2 et suivants.
 — 1902. — Une campagne d'herborisation dans le Gard. *Ibid.* T. XXX, p. 57-77.

24. **Cagnat, 1911.** — Communication sur la collection de M. Gayraud. (*Acad. inscript. et bel. let., séance du 21 juil.*).
25. **Carpenter (W.-B.), 1871.** — Report on Deep — Sea Researches carried on during the Months July, August and September 1870, in H. M. Surveying — Schip Porpucine. *Proceed. Roy. Soc. of London, XIX, p. 146.*
26. **Castagne (L.), 1862.** — Catalogue des plantes qui croissent naturellement dans le département des Bouches-du-Rhône.
27. **Cayeux, 1907.** — Fixité du niveau de la Méditerranée à l'époque historique. *Ann. de Géog., 15 janv., p. 97-117.*
28. **Cazalis de Fondouce, 1889.** — Réponses à un programme pour servir à l'étude des érosions marines contemporaines sur les côtes de France et de l'Algérie. *Bull. soc. lang. de géog., T. XII.*
29. **Chambrelet, 1893.** — Assainissement et mise en valeur de la Camargue. *Bull. soc. languedoc. de géogr., T. XVI, p. 186-193.*
30. **Chermezon (H.), 1910.** — Recherches anatomiques sur les plantes littorales. *Ann. sc. nat. Bot. 9^e S^{ie}, XII, p. 117-313.*
— 1920. — Aperçu sur la végétation du littoral Asturien. *Bull. soc. linnéenne de Normandie. 7^e S^{ie}, III.*
31. **Cholnoky (Eug. von), 1902.** — Die Bewegungsgesetze des Flugsandes. *Földtany Kozlony, XXXII, p. 106-143, 2 pl.*
32. **Chudeau, 1911.** — Remarques sur les Dunes à propos d'une étude de M. H. J. Llewellyn Beadnell. *La Géographie, 15 sept.*
— 1920. — Etude sur les Dunes Sahariennes. *Ann. de géog. 15 sept.*
— 1921. — Les Dunes de Gascogne. *La Géographie, T. 35, p. 263.*
33. **Collot (L.), 1881.** — L'histoire quaternaire et moderne de l'étang de Berre (Côtes de la Méditerranée). *Bull. soc. géol. France. P. 333-340.*
34. **Companyo, 1861.** — Histoire naturelle des Pyrénées orietales.
35. **Contejean (Ch.), 1879.** — Pourquoi l'on rencontre quelquefois les plantes du calcaire associées à celles de la Silice. *Rev. des sc. nat. de Montpellier. 2^e S., I, p. 82-86.*
— 1881. — Influence du terrain sur la végétation. *Paris (Bailières).*
36. **Cornish (V.), 1897.** — On the formation of Sand-Dunes. *Géogr. Jour., mars. Traduit par Em. Cammaerts, Bruxelles (Larcier), 1900. — Voir : Ann. de géogr. Bibliogr. de 1897, n^o 55, et Bibliogr. de 1900, n^o 86.*
— 1898. — On Sea Beackes a. Sand-Banks. *Geogr. Journ., XI.*
— 1900. — On Desert Sand-Dunes bordering the Nile Delta. *Geogr. Journ., XV, p. 132 ; 28 fig. (phot.).*
— 1901. — On the Formation of Wave Surfaces in Sand. *Scott. géog. Mag., XVII, 10 fig. (phot.).*
37. **Cosson, 1848.** — Notes sur quelques plantes des environs de Paris.

38. **Crova, 1891.** — Géogr. gén. du départ. de l'Hérault. T. I, chap. V, Art. I (Température) et II (Radiation solaire).
39. **Daudiès-Pams, 1884.** — Le Bassin de l'Agly. *Bull. soc. langued. de géogr.*
40. **Debeaux (O.), 1878.** — Recherches sur la flore des Pyrénées-Orientales. *Fac. I. Bull. soc. agric. scient. et litt. des Pyr.-Or.*
— **1880.** — *Ibid.*, fascicule II.
— **1880.** — Des plantes caractéristiques de la flore méditerranéenne dans le Roussillon. *Perpignan.*
— **1891.** — Notes sur plusieurs plantes nouvelles ou peu connues de la région méditerranéenne et principalement des Pyrénées-Orientales. 1^{re} Série. *Revue soc. Franç. Bot.*, n^{os} Mai à Juillet.
— **1894.** — *Ibid.*, 2^e Série, n^{os} Juin à Décembre.
41. **Decrock (El.), 1914.** — Esquisse phytogéographique d'un coin de Provence. *Marseille (Barlatier) et Encyclop. du départ. des Bouches-du-Rhône.*
42. **Delépine (Abbé), 1906.** — Les cordons littoraux de la Flandre française. *Bailleul.*
43. **Delile, 1820-1840.** — Iconographie inédite des champignons de Montpellier peints par Node-Véran.
44. **Deutsche Seewart, 1905.** — Wind, Strom, Luft und Wassertemperatur auf den wichtigsten Dampferwegen des Mittelmeers, nach den Beobachtungen deutscher Dampfer, bearbeitet von der deutschen Seewarte.
45. **Deveaux (H.), 1915.** — La pénétration de l'Eau dans les Sables et sa mise à la disposition des plantes. *Proc. verb. des séances de la soc. sc. phys. et nat. de Bordeaux.* (Séance du 25 nov.).
46. **Dorthes, 1787.** — Aperçu sur les atterrissements de la Méditerranée dans le Bas-Languedoc. *Nîmes*, 3 vol.
47. **Doumet-Adanson, 1876.** — Des causes auxquelles peuvent être attribuées les grandes pluies sur le versant français de la Méditerranée. *Bull. météorol. départ. Hérault.*
48. **Drude, 1897.** — Traité de géographie botanique. *Paris (Trad. Poireault).*
49. **Ducellier, 1907.** — Aperçu sur la flore des dunes de Maison-Carrée (Alger). *Ann. assoc. naturalistes de Levallois-Perret.*
— **1911.** — Etude phytogéographique des Dunes de la Baie d'Alger. *Rev. gén. Bot.*, XXIII. Voir : *Bull. soc. d'hist. nat. de l'Afrique du Nord*, 13 avril 1911.
50. **Dumas (Emilien), 1876.** — Statistique géologique du département du Gard. 2^e Partie, p. 642-694.
51. **Dumont d'Urville, 1833.** — Voyage de l'Astrolabe exécuté par ordre du Roi pendant les années 1826-1827-1828-1829. *Paris.*
52. **Dunal.** — Dessins inédits de champignons (*Ins. Bot. de Montpellier*).

53. **Duponchel, 1891.** — Géographie générale du département de l'Hérault. T. I, sauf art. I, II, III, IV, V du chap. V).
54. **Duval-Jouve, 1868.** — Des Salicornes de l'Hérault. *Bull. soc. Bot. Française.*
55. **Expéditions danoises, 1908-1910.** — Report on the Danish oceanographical expeditions 1908-1910 to the mediterranean and adjacent Seas. *Edited by Dr. Johs. Schmidt, leader of the expeditions.*
56. **Fayod, 1889.** — Prodrome d'une histoire naturelle de Agaricinées. *Ann. sc. nat.* 7° S., p. 390.
57. **Fines, 1902.** — Résumé des observations faites à Perpignan pendant 50 ans. *Bull. météorol. ann. départ. Pyrénées-Orient*, XXII.
— **1881.** — Climatologie du Roussillon. *Ann. Bur. centr. météorol.*, T. I.
— **1876.** — Inondations du 18 octobre 1876.
58. **Fischer (Th.), 1879,** — Studien über das Klima der Mittelmeerlande.
59. **Flahault, 1891.** — Géographie générale du département de l'Hérault, chap. VI : la distribution des végétaux.
— **1897.** — Introduction au catalogue raisonné des plantes des Pyrénées-Orientales.
— **1901.** — La flore et la végétation de la France. *Introd. à la Flore de l'Abbé Coste. Une carte.*
— **1914.** — Sur un point de méthode en géographie botanique. (*A. F. A. S., Le Havre*).
60. **Flahault et Combres, 1894.** — a) Observations sur la part qui revient au cordon littoral dans l'exhaussement actuel du delta du Rhône. *Bull. soc. langued. de géogr.*
— **1894.** — b) Sur la flore de Camargue et les Alluvions du Rhône. *Bull. soc. Bot. Fr.*; T. XLI.
61. **Flammarion (Cam.), 1906.** — Les variations des rivages. *Bull. soc. astron. France*, p. 361. *Croquis.*
— **1911.** — *La mer aux Saintes-Maries.*
62. **Frémond de la Merveillère, 1788.** — Essai sur les moyens d'entretenir les ports de mer sujets aux ensablements.
63. **Gadeceau, 1916.** — Les forêts submergées de Belle-Isle-en-Mer. *Bull. océanogr. Monaco*, n° 321. *Voir : La Géographie XXXI, page 197.*
64. **Gauthier (E. F.), 1919.** — Déserts comparés. *Ann. de géogr.*, 15 nov., p. 401.
65. **Gautier (G.), 1897.** — Catalogue raisonné de la flore des Pyrénées orientales. *Perpignan (Latrobe).*
— **1876.** — Herborisations dans les environs de Narbonne. *Narbonne (Caillard).*
— **1886.** — Rapport du Jury chargé de visiter les exploitations concourant pour la prime d'honneur, les prix culturels de spé-

- cialité et d'irrigation dans le département des Bouches-du-Rhône en 1886. *Montpellier. (Imp. centr.)*.
- **1889.** — Compte rendu des herborisations de la Société botanique de France aux environs de Narbonne et dans les Corbières (Juin 1888). *Paris. (Imprimeries réunies)*.
- **1889.** — Rapport sur l'herborisation faite par la Société botanique de France le 14 juin aux Sidrières de Fitou et de Leucate. *Paris. (Imp. réun.)*.
66. **Gasparin** (de), **1851.** — Sur les terrains du delta du Rhône. *C. R. Acad. sc., p. 700-708.*
67. **Gastine**, **1898.** — Etude sur la composition des terres de Camargue. *Ann. sc. agron.*
68. **Gazaud**, **1914.** — Contribution à l'étude du Mistral. *C. R. Acad. sc., CLIX, p. 335.*
69. **Gerhardt**, **1900.** — Handbuch des deutschen Dunenbaues. *Berlin. (Parey). Voir : La Géographie, 4 av. 1902, p. 282 ; 15 mai 1902, p. 381. Ann. géogr. 1901, p. 273.*
70. **Germain** (A.), **1861.** — Histoire du commerce de Montpellier.
— Rapport sur l'état de l'embouchure du Rhône et du Golfe de Foz.
71. **Germain** (Louis), **1918.** — La Méditerranée d'après les résultats des croisières danoises. *La Géographie, XXXII, p. 165.*
72. **Germer-Durand**, **1868.** — Dictionnaire topographique du département du Gard.
73. **Girardin**, **1901.** — Les Dunes de France. *Ann. géogr., p. 267.*
74. **Grangent**, **1805.** — Faits historiques sur l'île et la presqu'île de Sète. *Montpellier, an XIII.*
— **1807.** — Mémoire sur le dessèchement des marais du département du Gard. *Acad. du Gard.*
75. **Grau du Roustan** (Ouverture du). *Bull. soc. langued. géogr., 1893, p. 427 (Variétés).*
76. **Grenier et Godron.** — Flore de France.
77. **Groignard**, **1783.** — Mémoire sur les ensablements du grau d'Agde. *Proc. verb. des Etats du Languedoc.*
78. **Guibal-Laconquié**, **1808.** — Observ. sur les causes de la diminution des eaux dans quelques rivières du Bas-Languedoc. *Bull. soc. centr. Agric., T. 2, p. 172.*
79. **Guilleminet.** — Mémoire sur l'origine des courants maritimes qui vont de l'Est à l'Ouest le long de nos côtes. *Mem. Soc. roy. sc. Montpellier, T. II.*
80. **Gulliver**, **1897.** — Dungeness Foreland. *Géogr. journ. IX, p. 536.*
— **1899.** — Shoreline Topography. *Proc. Amer. Acad. arts and sc., XXXIV, p. 151.*
81. **Harlé** (Edouard), **1912.** — Dunes parallèles au vent sur la côte de Gascogne. *Soc. géol. France.*

- **1912.** — Age des dunes de l'intérieur de la Gascogne. *Soc. géolog. France.*
- **1914.** — La fixation des Dunes de Gascogne. *Bull. section de géographie.*
- **1914.** — Une tournée de l'ingénieur en chef Le Boulenger dans les Dunes de son service entre Cap Breton et Cazaux en 1817. *Acad. sc. bel. let. et arts de Bordeaux.*
82. **Harlé** (Edouard et Jacques), **1916.** — Les dunes continentales des Landes de Gascogne. *C. R. Acad. sc. (Séance du 6 nov.).*
- **1917.** — Les dunes maritimes de la côte de Gascogne. *C. R. Acad. sc. 2 janv.*
- **1919.** — Mémoire sur les dunes de Gascogne avec observations sur la formation des dunes. *Bull. section de géographie.*
83. **Hansen** (Ad.), **1901.** — Die Végétation der ostfriesischen Inseln. Darmstadt. Voir : *La Géographie*, 15 mai 1902.
84. **Hasselmann** (H.), **1908.** — Om flygsandsfålden par Faron och skydskogslagen af den 24 juli 1903, in Meddelanden fran statens skogsforsöksanstalt. H. 5, Stockholm. Voir : *La Géographie*, 15 février 1909.
85. **Haug**, **1911.** — Traité de Géologie (I, p. 404, 405).
86. **Hilgard**, **1893.** — Considérations sur les terrains salants et alcalins. In « le Bas-Rhône », n° 54, p. 277.
87. **Houdaille**, **1891.** — Géographie générale du département de l'Hérault : T. I, chap. V, (régime de vents, état hygrométrique, régime des pluies).
88. **Instructions nautiques**, **1910.** — Mer Méditerranée. Côte Sud de France et Côtes de la Corse.
89. **Jeanbernat et Timbal-Lagrange**, **1879.** — Quelques jours d'herborisation dans les Albères orientales. *Mém. acad. sc. inscript. et bel. let. de Toulouse.*
90. **Jentzsch** (Dr Alf.). — Voir Gerhardt.
91. **Johnson** (D.-W.), **1919.** — Shoreprocess and Shoreline Development. (In-8°, XVII+584 p. ; 149 fig. et LXXIII phot., New-York (Wiley), London (Chapman). Voir : *Ann. de géogr.*, mars 1920.
92. **Jolyet**, **1916.** — Traité pratique de Sylviculture.
93. **Jourdanne**, **1891.** — Les variations du Littoral Narbonnais. *Toulouse.*
94. **King** (H.), **1916.** — The Nature and Formation of Sand-Ripples and Dunes. *Géogr. Journ.*
95. **Kühnholtz-Lordat** (Georges), **1921.** — Phytogéographie dynamique des dunes du golfe du Lion. *C. R. Acad. sc., T. 172*, p. 865.
- **1921.** — Phytogéographie génétique des dunes du golfe du Lion. *C. R. Acad. sc., T. 173*, p. 728.
- **1922.** — Contribution à l'étude des associations par le relevé floristique. *Bull. soc. Bot. Fr., T. XXII*, p. 518.

- **1922.** — Quelques considérations économiques sur le littoral du golfe du Lion. *A. F. A. S. Montpellier*.
- **1923.** — À propos du *Polystichum Oreopteris* D. C. *Bull. soc. Bot. Fr.*, T. XXIII, p. 64.
- 96. **Lagarde (J.), 1912.** — Répartition topographique de quelques champignons aux environs de Montpellier. *A. f. Av. Sc. Congrès de Nîmes*.
- 97. **La Lande (de), 1778.** — Des canaux de navigation et spécialement du canal du Languedoc.
- 98. **Lamson-Scribner (F.), 1898.** — Sand-Binding Grasses. *Yearbook of the United-States department of agriculture* 1898, p. 405-420.
- 99. **Langrand (E.), 1912.** — Les oyats et les dunes. *F. du jeune naturaliste*, 1^{er} août.
- 100. **La Porte, 1916.** — Modifications de la côte Sud de Bretagne. *La Géographie*, XXXI, n° 3.
- 101. **Lapparent (A. de), 1906.** — Les époques glaciaires dans les Alpes et les Pyrénées. *La Géographie*, 15 juin.
- **1907.** — Abrégé de géologie. *Paris (Masson)*.
- 102. **Launay (de), 1905.** — La science géologique. *Paris (Colin)*.
- **1908.** — Histoire de la Terre. *Paris (Flammarion)*.
- 103. **Legrand (A.), 1869.** — Contribution à la flore des Pyrénées orientales. *Bull. soc. Bot. Fr.* XVI, p. 385.
- **1883.** — Deuxième notice sur quelques plantes critiques ou peu communes. *Bull. soc. Bot. Fr.*, XXX, p. 69.
- **1898.** — Notes additionnelles au catalogue de la Flore des Pyrénées orientales. *Le monde des plantes. Le Mans*.
- 104. **Leiviska (I.).** — Über die Küstenbildungen des bottnischen Meerbusens. *Fennia* 23, n° 1.
- Über die Entstehungen der Dunengebiete an der Küste des bottnischen Meerbusens. *Fennia* 23, n° 2.
- Über die Oberflächenbildungen Mittel ostbottniens. *Fennia* 25, n° 2.
- 105. **Lenthéric, 1869.** — Le littoral d'Aignes-Mortes aux XIII^e et XIV^e siècles.
- **1872.** — Mémoire sur les conditions nautiques du golfe et du mouillage d'Aignes-Mortes.
- **1876.** — Les villes mortes du golfe de Lyon. 8^e édition, *Paris (Plon)*.
- **1881.** — La région du Bas-Rhône. *Paris (Hachette)*.
- 106. **Lesdain (Bouly de), 1910.** — Recherches sur les Lichens des environs de Dunkerque. *Dunkerque (Michel)*, thèse.
- **1912.** — Les Dunes pleistocènes de Ghyvelde (Nord). *Feuille du jeune naturaliste*, n° 493.
- 107. **Lesser (Creuzé de), 1824.** — Statistique du département de l'Hérault. *Voir : Géogr. générale du départ. de l'Hérault*, 1891, T. I, p. VI.

108. **Leveillé** (J. H.), 1848. — Fragments mycologiques. *Ann. sc. nat.*, 3^e S., T. IX.
109. **Leymerie** (A.), 1854. — Notice géologique sur le pays toulousain. *Journ. d'Agricull. prat.*, p. 24.
110. **Lloyd** (James), 1897. — Flore de l'Ouest de la France. 5^e ed., Paris (Klinkcs).
111. **Loret** (H.), 1859. — Glanes d'un botaniste avec observation sur quelques espèces du Midi de la France. *Bull. soc. Bot. Fr.* ; janvier à juillet.
- 1859. — *Ibid.* Supplément. *Déc.*
- 1873. — Des régions botaniques de l'Hérault. *Rev. sc. nat.*
- 1880. — Plantes nouvelles pour le Gard. *Nîmes.*
- 1884. — Herborisations aux Pyrénées orientales et examen de quelques écrits relatifs aux plantes de cette région. *Bull. soc. Bot. Fr.*, XXXI.
112. **Loret et Barrandon**, 1888. — Flore de Montpellier, 2^e édition.
113. **Lüdi Werner**, 1919. — Die Sükzession der Pflanzenvereine. *Bern.*
114. **Mabille** (P.), 1867. — Recherches sur les plantes de Corse.
115. **Magnan**, 1870. — Une note sur l'Agoût, tributaire de l'Aude. *Bull. soc. hist. nat. Toulouse*, T. IV, p. 120-144.
116. **Maistre** (J), 1903. — Le climat du bassin occidental de la Méditerranée. Clermont-l'Hérault (Léotard) ; *La Géogr.*, 15 oct. 1904.
117. **Malavialle**, 1894. — Le littoral du Bas-Languedoc. *Bull. soc. lang. de géogr.*, XVII, p. 185-254.
118. **Marsilli**, 1725. — Histoire physique de la mer.
119. **Martin** (David), 1911. — Invasions marines des plages de Camargue et du Galéjon. *Gap. Voir : Bull. soc. ét. Hautes-Alpes*, 1898, 3^e Trim. ; *Ann. soc. ét. provenç.* 1904, 6^e liv. ; *Courrier des Alpes*, 27 janv. 1910.
120. **Martins** (Ch.), a) 1874. — Mémoire sur la topographie géologique des environs d'Aigues-Mortes. *Rev. sc. nat. de Montpellier.*
- b) 1874. — Pluies et orages à Montpellier. *Bull. météor. du départ. de l'Hérault.*
- c) 1874. — Une ville oubliée : Aigues-Mortes. *Revue des Deux Mondes.*
121. **Martonne** (de), 1907. — Note préliminaire sur le vent d'Autan ou vent marin. *Bull. soc. langued. géogr.*, XXX, p. 100-114.
- 1909. — Contribution à l'étude du vent d'Autan (2^e note). *Ibid.*, XXXII, p. 135-158.
- 1910. — Le vent d'Autan et ses rapports avec le marin. *Assoc. franç. pour l'av. des sc. Toulouse*, T. I, p. 287-293.
- 1920. — Traité de géographie physique. Paris (Colin).
122. **Martrin-Donos** (de), 1855. — Herborisations dans le Midi de la France en 1854. *Montauban.*
123. **Massart** (J.), 1893. — La biologie de la végétation sur le littoral belge. *Bull. soc. roy. Bot. de Belgique*, XXXII.

- **1898.** — Un voyage botanique au Sahara. *Ibid.*, XXXVII.
- **1903.** — Comment les plantes vivaces maintiennent leur niveau souterrain. *Bull. jard. Bot. de l'Etat Bruxelles*, T. I, fasc. 4.
- **1904.** — Les conditions d'existence des arbres dans les dunes littorales. *Bull. soc. centr. forest. de Belg.*
- **1904.** — Les muscinées du littoral. *Bull. soc. roy. Bot. Belge*, XLII et *Bull. jard. Bot. Bruxelles*, vol. I, n° 6.
- a) **1908.** — Essai de géographie botanique des districts littoraux et alluviaux de la Belgique. *Recueil de l'Inst. Bot. Léo Errera*, T. VII et *Bruxelles (Lamertin)*.
- b) **1908.** — Les districts littoraux et alluviaux. In « *Les aspects de la végétation en Belgique* », par Ch. Bommer et J. Massart. *Bruxelles. Jard. bot. de l'Etat*.
- **1919.** — Franges buissonneuses sur les éboulis. *Ann. géog.*, 15 janv., p. 61, 6 fig.
- 124. **Mengel (O.), 1906.** — Observations sur une note de Raulin. *Soc. météor. France*.
 - **1907.** — Comparaison des effets de la gelée à glace et de la gelée blanche. *B. S. A.*, XLVIII, p. 165.
- 125. **Mercadier, 1788.** — Recherches sur les ensablements des Ports de mer et sur les moyens de les empêcher. *Montpellier*.
- 126. **Monographie agricole de la région des dunes.** *Bruxelles*, 1901. *Minist. de l'Agric. de Belg. Service des Agronomes d'état. Voir : La Géographie*, 15 oct. 1902.
- 127. **Monnier, 1837.** — Mémoire sur le Port de Cette. *Annales maritimes*.
- 128. **Montagne, 1843.** — Sur la tribu des Podaxines. *Ann. sc. nat.*, p. 221.
- 129. **Moye (M.), 1918.** — Tremblements de terre dans le midi de la France et la Catalogne (D'après une communication du professeur Dr Fonséré). *Bull. soc. langued. géogr.*, (XLI), p. 40-44.
 - **1919.** — Les prévisions du temps dans le Languedoc méditerranéen. *Ibid.*, XLII, p. 196-200.
- 130. **Nansen, 1905.** — Die Ursachen der Meeresstromungen ; in Petermanns Mittheilung, t. 51 ; I, II.
- 131. **Nielsen (J.-N.), 1907.** — Contrib. to the Hydrography of the North-eastern part of the Atlantic Ocean, in *Medd. Kom. Havunders*, *Copenhagen : Série Hydrography I*, n° 9, p. 21.
 - **1908-1910.** — Hydrography of the Mediterranean and adjacent Waters. *Rep. Danish oceanogr. Exp. 1908-10 ; Vol. I*.
- 132. **Node-Véran.** — Velins de la faculté des sciences de Montpellier, n° 966.
- 135. **Pavillard (J.), 1905.** — Recherches sur la flore pélagique de l'Etang de Thau.
 - **1922.** — Cinq ans de Phytosociologie. *Montpellier*, 18 mars.
- 134. **Pelletier des Ravinières (Le), 1782.** — Mémoire sur les ensablements des côtes du Languedoc, sur le grau d'Agde, sur la rade de Brescou, etc...

135. **Picard** (Th.), 1889. — Résumé descriptif de la géologie du Gard.
Bull. soc. ét. sc. nat. de Nîmes, p. 11-142.
136. **Piquet** (V.), 1917. — Le Maroc. *Paris* (Colin).
137. **Pitot, 1740-1741.** — Mémoire sur les atterrissements des côtes du Languedoc. *Mém. Acad. sc. Paris, Mai-Juin.*
— 1741. — Extraits d'observations et opérations qui ont été faites dans le Bas-Languedoc aux mois de mai et juin 1740, au sujet du dessèchement des marais entre le Rhône et Maugio. *Ib.*
— 1746. — Observations sur les causes des maladies mortelles qui règnent sur les côtes de la mer du Bas-Languedoc. *Ibid.*
138. **Planchon** (G.), 1864. — Etude des tufs de Montpellier au point de vue géologique et paléontologique. *Montpellier.*
139. **Poithevin**, 1803. — Essai sur le climat de Montpellier.
140. **Pouget**, 1775. — Mémoire sur les atterrissements des côtes du Languedoc. *Acad. sc. roy. de Montpellier*, 30 décembre, et *Journ. phys.*, octobre 1779.
141. **Pouzolz** (de), 1857. — Flore du Gard. *Nîmes* (Garve, Teissier).
142. **Raffeneau de Lille**, 1839. — Mémoire sur le port de Cette. *Annales des Ponts-et-Chaussées.*
143. **Raunkjær**, 1914. — Sur la végétation des Alluvions méditerranéennes françaises. *Copenhague.*
144. **Reclus** (Elisée), 1881. — Géographie universelle : La France.
145. **Regelsperger** (Gust.), 1916-17. — Le climat de la France ; l'œuvre de M. Angot. *La Géographie*, XXXI, p. 418-425.
146. **Régy**, 1863. — Mémoire sur l'amélioration du littoral de la Méditerranée dans le département de l'Hérault. *Paris* (Dunod).
— 1868. — Assainissement du littoral méditerranéen du département de l'Hérault. *Montpellier* ; in-8° ; 213 p.
— 1868. — Note sur les courants littoraux, la marche des sables, les atterrissements, les alluvions marines et fluviales, les deltas, la constitution de la plage et les travaux d'assainissement. *Bull. soc. géol. Fr.*, XXV, p. 913-920.
147. **Reinke**, 1903. — Die Entwicklungsgeschichte der Dünen, an der Westküste von Schleswig. *Ark. Wiss. Voir : La Géographie*, 1903, p. 389.
— 1911. — Studien über die Dünen unserer Ostseeküste. *Kiel* (Schmidt u. Klauig).
148. **Respaud**, 1891. — Rapport sur l'excursion faite par la Société d'études le 26 mai 1890 aux Sidrières de Fitou et à Leucate. *Bull. soc. d'ét. sc. de l'Aude*, II, p. 36-68.
149. **Reynier** (A.), 1893. — Notes en vue d'une exploration botanique de la Camargue. *Revue de Marseille et de Provence*, p. 30-50.
150. **Rolland**, 1881-82. — Sur les grandes dunes de sable du Sahara. *Bull. soc. géol. de France*, p. 30-47.
151. **Roux** (H.). — Catalogue des Plantes de Provence.

152. **Rouy (G.) et Foucaud (I.), 1893.** — Flore de France.
153. **Sabarthès (Abbé), 1908.** — Géographie physique de l'Aude. *Bull. soc. d'ét. sc. de l'Aude*, XIX, p. 154-203.
154. **Salve, (Sébastien de), 1862.** — Rapport sur une herborisation faite le 9 juin 1862 par la Société Botanique de France à l'île Sainte-Lucie. *Soc. Bot. Fr.*, IX, p. 626.
155. **Schirmer, 1893.** — Le Sahara. *Thèse, Paris*.
150. **Sennen (Frère), 1900-1902.** — Herborisations aux environs de la Nouvelle (Aude). *Bull. soc. bot. Fr.*, XLVII, p. 424 et XLIX, p. 364.
157. **Serres (Marcel de).** — Note sur la marche des dunes dans les environs de Cette. *Mém. Acad. Montpellier*, I.
 — **1829.** — Géognosie des terrains tertiaires. *Montpellier*.
 — **1845.** — Cosmogonie de Moïse comparée aux faits géologiques. *Paris*.
 — **1845.** — Un article sur la marche des Dunes dans le Journal « *La Méditerranée* », du 30 juillet 1845.
158. **Seynes (de) 1862.** — Note sur les Montagnites Candollei. *Paris*. Voir : *Bull. Soc. Bot.* 1862, p. 604.
 — **1863.** — Essai d'une flore mycologique de la région de Montpellier et du Gard. *Paris*.
159. **Schott (Gerhard), 1908-1910.** — Die gewässer des Mittelmeeres. Vorzugsweise nach den Arbeiten des dänischen Forschungsdampfers «Thor», 1908-1910. Voir : *Ann. d'Hydrogr.*, 1915, p. 1-79.
160. **Smith (Th.), 1684.** — A conjecture about an Under-current at the Streights-Mouth. *Philosoph. Transact. Oxford*, XIV, p. 564.
161. **Sokolov, 1894.** — Die Dünen, Bildung, Entwicklung und innerer Bau. *Berlin. Trad. in-8°*, 288 p., 1 pl.
162. **Sorre (Max), 1913.** — Les Pyrénées méditerranéennes. *Paris (Colin)*.
163. **Spring (W).** — Recherches expérimentales sur la filtration et la pénétration de l'eau dans le sable et dans le limon. *Ann. soc. géol. Belgique*, XXIX.
164. **Sudry, 1911.** — L'Étang de Thau. *Cette, station zoologique*.
165. **Suess, 1897-1918.** — La Face de la Terre. *Paris*, 1900, trad. de Margerie.
166. **Surrel, 1847-** — Mémoire sur l'amélioration des embouchures du Rhône.
167. **Thomas (Eug.), 1865-** — Dictionnaire topographique de l'Hérault. *Paris (Imp. impériale)*.
168. **Thomas (L. J.) et Lagatu(H), 1919-** — Le Languedoc méditerranéen. In « *Le Feu* », organe du régionalisme méditerranéen, n° du 15 janv.
169. **Thoulet (J.), 1900-** — Analyse mécanique des sous-sols marins. *Ann. des Mines*, XVII, p. 401-447. *Paris (Dunod)*. Voir : *Ann. géogr. Bibliogr.* de 1900, n° 102.
170. **Timbal-Lagrange, 1881-** — Essai monographique sur les *Dianthus* des Pyrénées françaises. *Bull. soc. agric. scient. et litt. Pyr. Or.*

171. **Vauban, 1686.** — Mémoire sur le canal du Languedoc. *In ses « Oisivetés »*. Paris.
172. **Verhulst, 1914.** — Compte rendu d'une excursion à Virton. *Bull. soc. roy. de Belg.*, *LII*, t. II, 1913-1914.
173. **Viguiér, 1884.** — Correlation des phénomènes météoriques qui s'accomplissent dans le Midi de la France avec la géographie physique de cette contrée. *Bull. soc. langued. géogr.*
— La formation du littoral du département de l'Aude. *Bull. soc. des sc. nat. et phys. de Montpellier*.
174. **Vilbouchevith, 1893.** — L'étude géobotanique des terrains salants. « *Le Bas-Rhône* », n^{os} 55 et 56.
175. **Warion, 1880.** — Herborisations dans les Pyrénées orientales en 1878 et 1879. *Bull. soc. agric. scient. et litt. des Pyr.-Orient*.
176. **Warming (Eug.), 1907-1909.** — Dansk Plantevaekst.
177. **Warming (Eug.) et Graebner (P.), 1918.** — Lehrbuch des ökologischen Pflanzengeographie. Berlin, 3^e éd.
178. **Watterman (W.-G.), 1919.** — Development of root Systems under Dune conditions. *Contrib. from the Hull Bot. Lab.* 250. *In Botanical gaz.*, July-Déc., *LXVIII*, p. 22-53.
179. **Wéry (Mlle J.), 1908.** — Relations sur les excursions scientifiques dirigées par M. Massart : I. Sur le littoral belge. *Bruxelles*, 2^e éd. (Lamertin).
180. **Zendrini, 1741.** — Legi e fenomeni, regolazione e usi delle acque correnti. *Venise*, 1741 ; *et Paris*, 1761.
-

CARTES ET PLANS

1. **Advisart, 1711.** — Carte des embouchures du Rosne levée au mois de juin 1711.
 2. **Belin, 1774.** — Cartes et plans des côtes et places maritimes du Languedoc.
 3. **Cassini.** — Carte générale de la province de Languedoc... sous la direction de MM. Cassini de Montigny et Perronet.
 4. **Dumas (Emilien), 1850.** — Carte géologique du département du Gard, arrondissement de Nîmes.
 5. **Guillaume-Véran (E.), 1862.** — Plan géométrique et topographique des communes d'Arles et des Saintes-Maries.
 6. **Mareschal, 1774.** — Carte du Littoral.
 7. **Nolin (I.-B.).** — Carte moderne du Languedoc ; Narbonensis prima qualis erit sub imperio romano ; Voie romaine depuis Urogenum jusqu'à Sostatio (*in Astruc, 1737*).
 8. **Cartes géologiques.** 1/80.000. Feuilles de : Ceret. Perpignan. Narbonne. Montpellier. Arles.
 - 9 **Cartes marines.** — 5041 (Grau du Roi) ; 5116 (Saintes-Maries à Saint-Louis du Rhône) ; 5150 (Palavas), etc... Etang de Thau, n° 10.059.
 10. **Recueil** des plans des ports et rades de la mer Méditerranée, de la mer Noire et de la mer d'Azof. **1859.** *Marseille (J. Maistre).*
-

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
INTRODUCTION	7
Aperçu géologique et géographique (<i>Sommaire</i>)	11
PREMIÈRE PARTIE : Evolution générale des dunes (<i>Sommaire</i>)	57
Trinôme dynamique	59
Pro-Ammophiletum	97
Ammophiletum	143
Crucianelletum	159
Régénérescence de l'Ammophiletum	173
Cycle de l'Ammophila (<i>Conclusions</i>)	187
DEUXIÈME PARTIE : Modifications à l'Evolution générale (<i>Sommaire</i>)	191
Les atterrissements	195
Les boisements	216
Les dunes mobiles	229
TROISIÈME PARTIE : Origines des Semences	243
Conclusions générales	266
BIBLIOGRAPHIE	279

ANNEXES

ECOLE NATIONALE D'AGRICULTURE

Relevé de la Force et Direction des grands Vents de 1911 à 1922.

Année.	DATE.	DIRECTION.	FORCE.	Vitesse.	Voir annexe III.
1911	23 Décembre	N. W.	V. OLENT	16.635	Midi Fort
1912	7 Janvier	N. W.	Assez Fort	8.330	Midi N. W. violent (Le 23 janvier S. E. fort midi assez fort).
	3 Février	N. W.	Assez Fort	8.885	Le 8 février S. E. fort.
	9 Février	S. E.	Assez Fort	8.330	Midi Faible
	19 —	S. E.	Assez Fort	9.430	
	2 Avril	N. W.	Fort	13.333	
	9 —	N. W.	Assez Fort	10.000	
	13 —	N. N. E.	Assez Fort	10.555	
	11 Juin	S. E.	Assez Fort	10.000	
	13 —	N. W.	Assez Fort	8.888	
	14 —	N. W.	Assez Fort	8.333	Le 26 juin, N. W., midi assez fort.
	4 Août	S. E.	Assez Fort	9.444	
	30 —	S. E.	Assez Fort	8.333	Le 13 août, midi assez fort.
	3 Septembre	N. W.	Assez Fort	8.333	Le 30 septembre, assez fort, midi.
	28 —	S. E.	Assez Fort	11.111	
	29 Octobre	S. E.	Assez Fort	10.000	
	11 Novembre	N. W.	Assez Fort	8.333	
	28 —	N. W.	Assez Fort	10.000	
	30 —	S. W.	Assez Fort	10.000	
1913	5 Janvier	E.	Assez Fort	8.333	
	9 Mars	N. W.	Assez Fort	10.000	
	4 Avril	S. S. E.	Assez Fort	8.333	
	27 Juin	N.	Assez Fort	8.333	
	25 Juillet	N. E.	Assez Fort	8.888	
	21 Octobre	S.	Assez Fort	10.000	
	26 —	S. S. E.	Assez Fort	9.444	
	28 —	S. E.	Assez Fort	11.111	
	29 —	S. E.	Assez Fort	10.555	
	30 Décembre	N. E.	Assez Fort	9.444	
1914	1 ^{er} Janvier	N. W.	Assez Fort	10.000	
	10 Février	S. E.	Fort	13.333	
	3 Mars	N.	Assez Fort	10.000	
	25, 26, 27 —	N. W.	Assez Fort	10.000	
	6 Avril	N. W.	Assez Fort		
	7 Mai	N. W.	Assez Fort		
	25 —	N. E.	Assez Fort		

Année.	DATE.	DIRECTION.	FORCE.	Vitesse.
1915	20 Juillet	S. E.	Assez Fort	
	6 Août	N.	Assez Fort	
	19 Septembre	N. W.	Assez Fort	
	6 Octobre	N.	Assez Fort	
	31 Décembre	S. E.	Fort	
	11 Janvier	N. W.	Assez Fort	
	23 Février	N. W.	Fort	
	12 Avril	N. E.	Assez Fort	

Manque d'Avril à Octobre, pas d'observation inscrite.

1916	13 Novembre	N. W.	Assez Fort	
	14 Décembre	N. W.	Assez Fort	Midi Seulement
	19 Février	N. W.	Assez Fort	
	29 —	S. E.	Assez Fort	
	18 Avril	N.	Assez Fort	Midi Seulement
	23 —	N. N. W.	Assez Fort	Midi Seulement
	24 —	N. N. W.	Assez Fort	
	5 Juillet	N. W.	Assez Fort	
	31 Août	N. W.	Assez Fort	
	5 Septembre	N. N. W.	Assez Fort	
	6 —	N. W.	Assez Fort	
	21 —	N. N. W.	Assez Fort	
	26 —	N. N. W.	Assez Fort	Midi Seulement, S. E.
	19 Octobre	N. W.	Assez Fort	
1917	20 —	N. W.	Assez Fort	Midi Seulement
	4 Novembre	S. E.	Assez Fort	Midi Fort, S. E.
	6 —	N. W.	Assez Fort	Midi Seulement
	9 —	N. W.	Assez Fort	
	5 Décembre	N. W.	Assez Fort	Midi Seulement
	2 Janvier	N. W.	Assez Fort	
	31 —	N. W.	Fort	Midi Seulement
	6 Mars	S. E.	Assez Fort	
	15 Mai	N. W.	Assez Fort	Midi Seulement
	20 —	N. W.	Assez Fort	Midi Seulement
	21 —	N. W.	Assez Fort	
	4 Avril	N. W.	Assez Fort	Midi Seulement
	13 —	N. E.	Assez Fort	
	16 —	N. W.	Assez Fort	
	18 —	N. W.	Assez Fort	Midi Seulement
	19 —	N. W.	Assez Fort	
	22 —	N. W.	Assez Fort	
	28 Mai	N. W.	Assez Fort	Midi Seulement
	20 Juin	S. S. E.	Assez Fort	

Année.	DATE.	DIRECTION.	FORCE.	Vitesse.
1918	29 Août	N. N. W.	Assez Fort	Midi Seulement
	2 Septemb ^{re}	N. N. W.	Assez Fort	
	9 Octobre	W.	Assez Fort	
	11 —	N. N. W.	Assez Fort	
	13 —	N. N. W.	Assez Fort	Midi Seulement
	20 —	N. E.	Assez Fort	—
	24 —	N.	Assez Fort	
	21 Novembre	N. W.	Assez Fort	
	22 —	N. W.	Assez Fort	Midi Seulement
	26 —	N.	Assez Fort	—
	2 Décembre	N. N. W.	Assez Fort	
	27 —	N. N. E.	Assez Fort	
	2 Janvier	N. W.	Assez Fort	Midi Seulement
	9 —	S. S. E.	Assez Fort	
	19 —	S. S. E.	Assez Fort	Seulement à partir de midi.
	20 —	S. S. E.	Assez Fort	
	21 —	S. S. E.	Fort	
	22 —	S. E.	Fort	
	25 Mai	N. N. W.	Assez Fort	Midi Seulement
	28 —	N. E.	Assez Fort	—
	10 Juin	N. N. W.	Assez Fort	—
	12 —	N. N. E.	Assez Fort	—
	20 —	N.	Assez Fort	—
	27 Juillet	N. N. W.	Assez Fort	
	7 Août	N. N. W.	Assez Fort	
1919	7 Janvier	E. S. E.	Assez Fort	
	9 Février	N. N. E.	Assez Fort	
	18 —	N. N. W.	Assez Fort	
	12 Mars	E.	Assez Fort	
	13 —	N. N. W.	Assez Fort	Midi Seulement
	18 —	N.	Assez Fort	Fort midi seulement, E. W. N.
	21 —	N. N. W.	Assez Fort	Midi Seulement
	28 —	N. N. W.	Assez Fort	
	29 —	W. S. W.	Assez Fort	
	30 —	S. W.	Assez Fort	
	8 Avril	N. N. W.	Assez Fort	
	15 —	N. N. W.	Assez Fort	Midi Seulement
	17 —	N. N. W.	Assez Fort	
	24 Juin	N. N. W.	Assez Fort	
	15 Juillet	N. N. W.	Assez Fort	
	16 —	N. N. W.	Assez Fort	
	23 —	N. N. W.	Assez Fort	
	30 Août	N. N. W.	Assez Fort	

Année.	DATE.	DIRECTION.	FORCE.	Vitesse.
1920	3 Septemb ^{re}	S. S. E.	Assez Fort	
	13 —	S. S. E.	Assez Fort	
	21 —	N. N. W.	Assez Fort	
	24 —	S. S. E.	Assez Fort	
	28 —	S. S. W.	Assez Fort	
	1 ^{re} Octobre	S. S. E.	Assez Fort	
	5 —	N. N. E.	Assez Fort	
	27 —	N. N. W.	Assez Fort	
	28 —	N. N. W.	Assez Fort	
	18 Novembre	N. N. W.	Assez Fort	
	7 Décembre	W.	Assez Fort	
	21 —	N. N. W.	Assez Fort	
	22 —	N. N. W.	Assez Fort	
	23 —	N. N. W.	Assez Fort	
	24 —	N. N. W.	Assez Fort	
	14 Janvier	N. N. W.	Assez Fort	
	20 —	N. N. W.	Assez Fort	Midi Seulement
	16 Mars	N. N. W.	Assez Fort	—
	19 —	N. N. E.	Assez Fort	—
	28 —	S. S. E.	Assez Fort	—
	29 —	S. S. E.	Assez Fort	
	21 Avril	N. N. W.	Assez Fort	Midi Seulement
	22 —	N. N. W.	Assez Fort	
	26 —	N. N. W.	Assez Fort	Midi Seulement
	12 Mai	N. N. W.	Assez Fort	
	6 Octobre	S. S. E.	Assez Fort	Midi Fort
	7 —	S. S. E.	Assez Fort	Midi Fort
	1 ^{er} Novembre	S. S. W.	Assez Fort	
	27 —	S. S. E.	Assez Fort	Midi Seulement
1921	3 Janvier	N. N. W.	Assez Fort	—
	19 —	N. N. W.	Assez Fort	
	23 —	N. N. W.	Assez Fort	Midi Seulement
	27 —	N. N. W.	Assez Fort	—
	11 Mars	S. S. E.	Assez Fort	—
	21 —	N.	Assez Fort	—
	27 —	N. N. W.	Assez Fort	
	6 Avril	N.	Assez Fort	
	18 —	N. N. W.	Assez Fort	
	21 —	N. N. W.	Assez Fort	
	5 Mai	N. N. W.	Assez Fort	
	10 Juin	N. N. W.	Assez Fort	
	24 Octobre	N. W.	Assez Fort	
	8 Novembre	N. W.	Assez Fort	
	9 —	N.	Fort	
	1 ^{er} Décembre	S.	Assez Fort	

ECOLE NATIONALE D'AGRICULTURE DE MONTPELLIER

Moyenne des Vents à la Seconde 1911-1922.

Année	DATE.	DIRECTION.	VITESSE.	
1911	Décembre	N. W.	16	
1912	Janvier	N. W.	8	
	Février	N. W.	8	
	Février	S. E.	9	
	Avril	N. W.	13	
	Juin	N. W.	8	
	Juin	S. E.	10	
	Août	S. E.	9	
	Septembre	N. E.	8	
	Septembre	S. E.	11	
	Octobre	S. E.	10	
	Novembre	N. W.	10	
1913	Janvier	E.	8	
	Mars	N. W.	10	
	Avril	S. E.	8	
	Juin	N.	8	
	Juillet	N. E.	8	
	Octobre	S. E.	10	
	Décembre	N. E.	9	
1914	Janvier	N. W.	10	
	Février	S. E.	13	
	Mars	N. W.	10	Avril, Mai
	Juillet	S. E.	8	
	Août	N. W.	8	Septembre, Octobre
	Décembre	S. E.	14	
1915	Janvier	N. W.	8	
	Février	N. W.	13	
	Avril	N. E.	9	
	Novembre	N. W.	9	Décembre
1916	Février	N. W.	8	
	Février	S. E.	9	
	Avril	N. W.	10	
	Juillet	N. W.	10	Août, Septembre.
	Octobre	N. W.	8	
	Novembre	S. E.	16	
	Novembre	N. W.	9	

Année.	DATE.	DIRECTION.	VITESSE.	
1917	Janvier	N. W.	8	
	Mars	S. E.	10	
	Avril	N. W.	8	
	Juin	S. S. E.	10	
	Août-Septembre	N. N. W.	8	
	Octobre	N. W.	9	
	Novemb ^{re} Décemb.	N. W.	9	
1918	Janvier	S. S. E.	10	
	Janvier	S. S. E.	16	Le 21 et 22 Janvier
	Mai	N. W.	8	Juin, Juillet, Août
1919	Janvier	E. S. E.	10	
	Février	N. W.	8	
	Mars	N. W.	8	
	Mars	S. W.	9	
	Avril	N. W.	9	Juin, Juillet, Août
	Septembre	S. S. E.	10	
	Octobre	S. S. E.	10	
	Octobre	N. W.	9	
	Décembre	N. W.	8	
	Janvier	N. W.	10	
1920	Mars	N. W.	10	et S.S.E. = 11
	Mars	N. W.	11	
	Avril-Mai	N. W.	8-9	
	Octob ^{re} - Novemb ^{re}	S. S. E.	10	
	Janvier	N. W.	10	
1921	Mars	S. S. E.	10	et N.W. = 10
	Avril	N. W.	8	
	Mai	N. W.	8	Juin, Octobre
	Novembre	N. W.	14	
	Décembre	S.	9	

TABLEAU DE LA VITESSE DU VENT
d'après l'Anémomètre ANGOT

A L'HEURE.				A LA DEMI-HEURE.			
Vitesses à l'heure. En kilomètres.			Vitesses correspon- dantes. En mètres à la seconde.	Vitesses à la demi-heure. En kilomètres.			Vitesses correspon- dantes. En mètres à la seconde.
CALME	}	1 kilomètre	0.277	CALME	}	1 kilomètre	0.555
		2 —	0.555			2 —	1.111
		3 —	0.833			3 —	1.666
		4 —	1.111			4 —	2.222
FAIBLE	}	5 —	1.388	FAIBLE	}	5 —	2.777
		6 —	1.666			6 —	3.333
		7 —	1.944			7 —	3.888
		8 —	2.222			8 —	4.444
		9 —	2.500	MODÉRÉ	}	9 —	5.000
		10 —	2.777			10 —	5.555
		11 —	3.055			11 —	6.111
		12 —	3.333			12 —	6.666
MODÉRÉ	}	13 —	3.611			13 —	7.222
		14 —	3.888			14 —	7.777
		15 —	4.166	ASSEZ FORT	}	16 —	8.333
		16 —	4.444			17 —	8.888
		17 —	4.722			18 —	9.444
		18 —	5.000			19 —	10.000
		19 —	5.277			20 —	10.555
		20 —	5.555			21 —	11.111
		21 —	5.833			22 —	11.666
		22 —	6.111	FORT	}	23 —	12.222
		23 —	6.388			24 —	12.777
		24 —	6.666			25 —	13.333
		25 —	6.944			26 —	13.888
		26 —	7.222			27 —	14.444
		27 —	7.500			28 —	15.000
		28 —	7.777			29 —	15.555
		29 —	8.055	VIOLENT	}	30 —	16.111
		30 —	8.333			30 —	16.666

MOUVEMENTS TERTIAIRES	
EOCÈNE	Les Pyrénées sont en grande partie émergées. Le Golfe de Gascogne ne communique plus avec la Méditerranée. Plissements Provençaux.
OLIGOCÈNE	Phase finale des plissements Pyrénéens. Tassements locaux (accalmie) suivant des sillons parallèles à la chaîne Alpine future. Sillon Rhodanien. Démantèlement des Pyrénées (Evolution de la chaîne plissée terminée avant l'Aquitaniien). L'Espagne et la France demeurent rattachées : îlot au milieu de l'immense mer oligocène. Emersion du geosynclinal alpin (Corse, lac de Genève, Vienne).
MIOCÈNE	Emersion presque totale de la France. Sillon Rhodanien maintenu plus à l'Est que le sillon pliocène qui suivra. Évaporation de la Méditerranée oligocène (contre-coup des 1^{ers} plissements Alps). Soulèvement principal des Alpes (Helvétien-Tortonien). Deuxième évaporation de la Méditerranée. Deux lagunes subsistent à l'est et à l'ouest d'une bande de terre reliant l'Afrique et la France par la Corse et la Sardaigne. La fosse Est (Andalousie) est fermée à l'Est par la barrière Bético-marocaine. La fosse Ouest (Sicile-Egypte) est fermée à l'Ouest par la mer Egée desséchée.
PLIOCÈNE	Démolition des saillies alpines. Effondrements nombreux : Eroulement de la barrière betico-marocaine (Gibraltar). Séparation des Baléares et de la Corse. Eroulement de l'extrémité Est de l'Atlas. Transgression marine sur tout le littoral méditerranéen : Golfes pliocènes au Sud de la France. Roussillon. Vallée du Rhône jusqu'à Vienne. Var...
PLEISTOCÈNE	Effondrement de la mer Egée. Mer Rouge. Puis : modifications géographiques peu importantes.

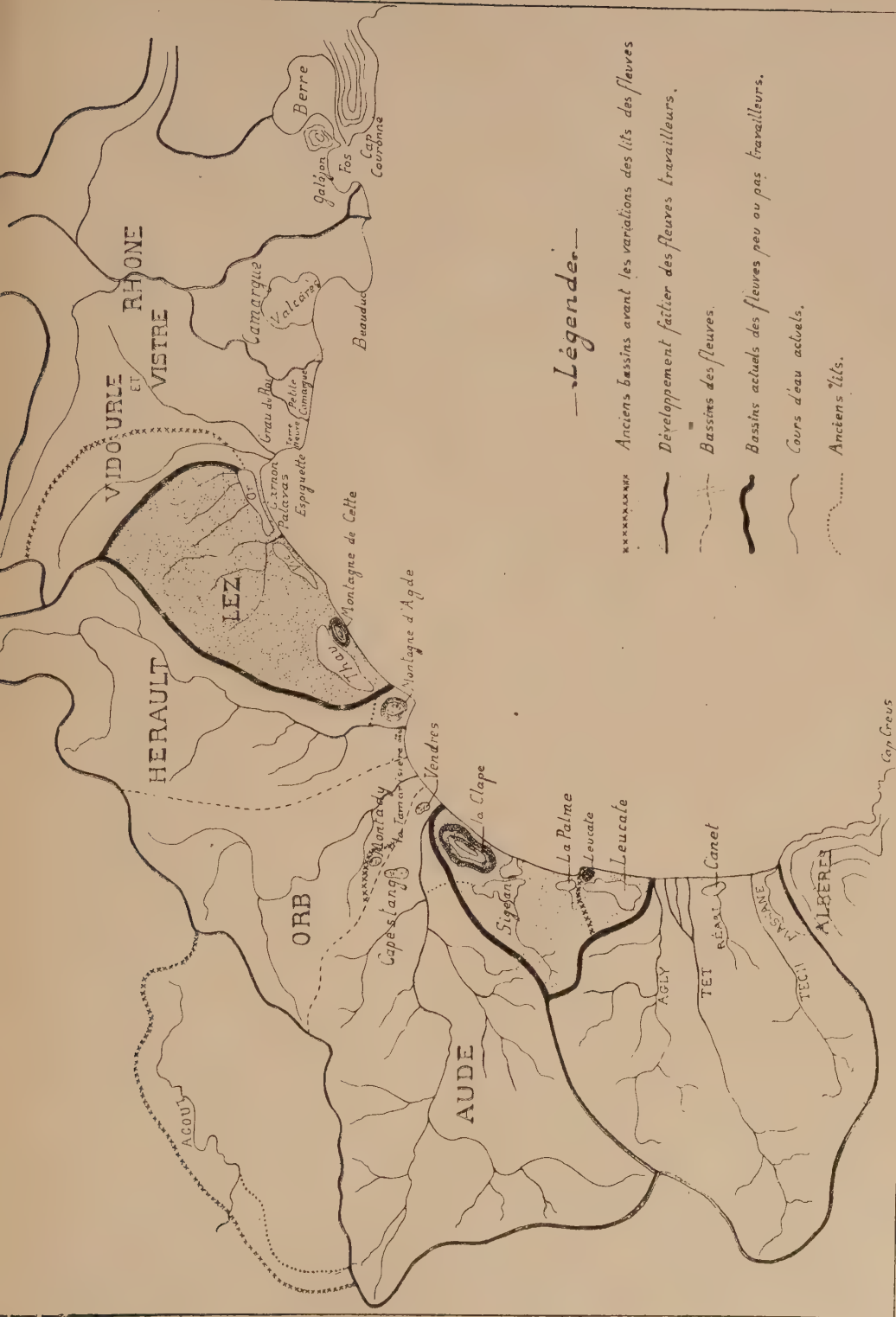
MÉDITERRANÉE AU TERTIAIRE

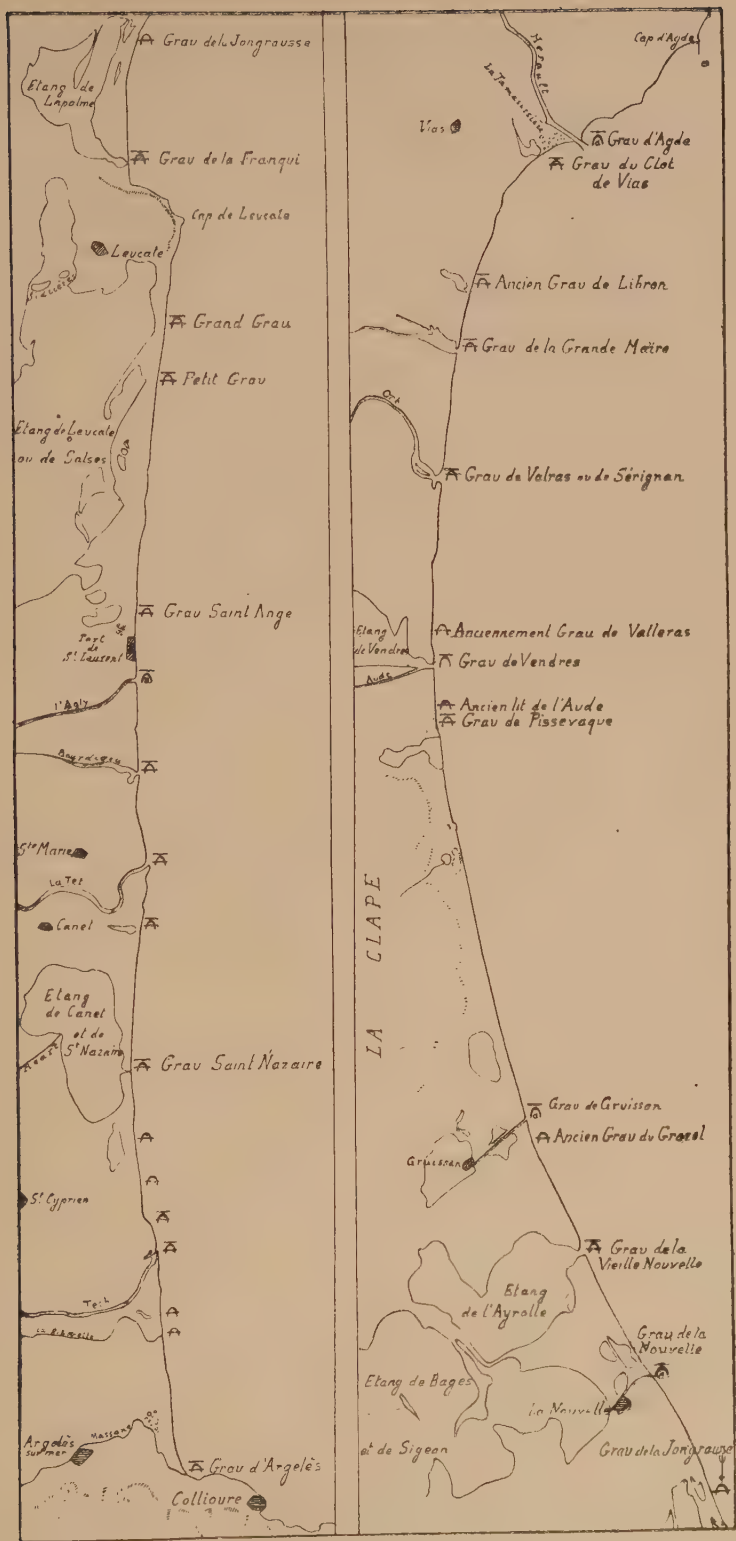
	PHÉNOMÈNES CLIMATIQUES
	La plus forte hausse thermométrique du Tertiaire
	Refroidissement atteignant le 50° L. Nord
	Pluies — Neiges — Glaciers — Hivers encore tièdes cependant.
	Glaciers — Enormes phénomènes torrentiels à la fin refroidissement.
	Suite du refroidissement, au début ; puis hausse thermométrique. Dernière extension glaciaire Moustérienne. Retrait des glaces, civilisation néolithique.

CARTES

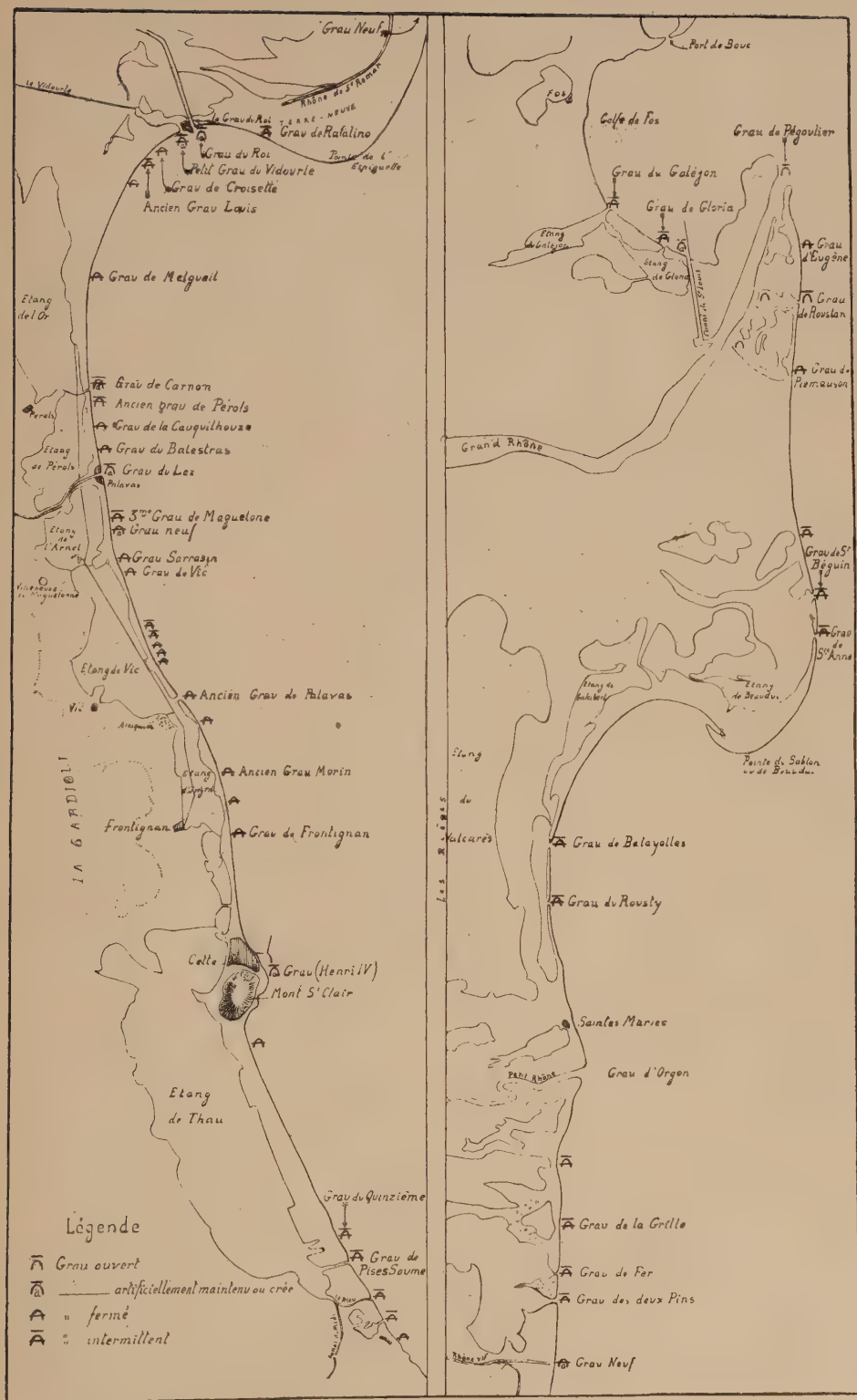


Le Golfe du Lion avant les atterrissements post-pliocènes.





CARTE DES GRAUS



CARTE DES GRAUS (suite)

Les clichés 9/12 par G. KUNHOLTZ-LORDAT
et la planche n° 43 (*Pancratium Maritimum*), cliché BONFILS.

Manuscrit remis à l'impression au mois de Juin 1923.



1. Saintes-Maries. - Dunes de plage, juillet 1921, après la marée.



2. Marée montante dans la Souillère, près Rafalino.
7 heures.



3. Dunes à *Salicornia macrostachya* dans les galets. - Action du vent par triage.

Juillet 1921. — Anse du Grau du Roi à l'Espiguette.



4. Dunes à *Salicornia macrostachya* et *Inula crithmoides*.
En aval (par rapport aux vents du large) s'installe l'*Agropyrum junceum*.

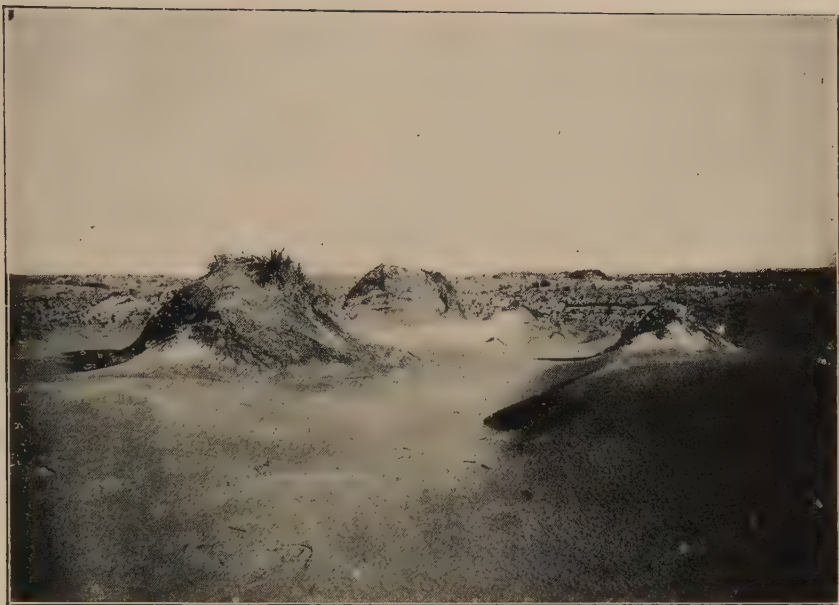
Juillet 1921. — Anse du Grau du Roi à l'Espiguette.



5. Dunes à *Salicornia macrostachya*.
En aval des Salicornes, un plus grand nombre d'*Agropyrum junceum*.
Juillet 1921, anse du Grau du Roi à l'Espiguette



6. Action du mistral sur les dunes côtières, vers Rafalino.
Près de la mer, la zone de rajeunissement de la dune avec *Agropyrum junceum* et *Ammophila arenaria*
Au premier plan, *Echinophora spinosa* en touffes épineuses fleuries.
Juillet 1921



7. Effet de nivellement des dunes pour la culture de la vigne, à Rafalino.

L'action du mistral s'ajoute à celle de la pioche. Les *Ammophila* sont desséchées par les racines, et la dune prend la forme en « pain de sucre ».

Juillet 1921.



8. Caoudeyre à 400 m. E. de Carnon.

On voit la lèvre de l'entonnoir directement frappée par le mistral.
 Dans le bas-fond, *Scirpus holoschoenus* ; à droite, sur la pente, *Ephedra distachya*.
 Hauteur du personnage : 1m70. — 24 Avril 1921.



9. Caoudeyre du Mas de Maurice. - Vue interne des deux dégorgements de part et d'autre d'une touffe d'*Ammophila* (A).

Orientation : Objectif tourné vers la mer, dans l'axe N.W.S.E. de la caoudeyre.



10. Caoudeyre du Mas de Maurice. - Les deux dégorgements (vue externe).
En avant, la plage. Au pied de la dune, une épaisseur de 0 m. 30 de galets.



11. Un dégorgement de vent d'Est (grec).
300 m. E. de Carnon. - Orientation : Objectif tourné vers l'Ouest.



12. Un dégorgement (D) dû au mistral, en voie de recombement
par des jeunes dunes d'*Ammophila* (D.N.).
E. de Carnon. — Objectif tourné vers la mer.



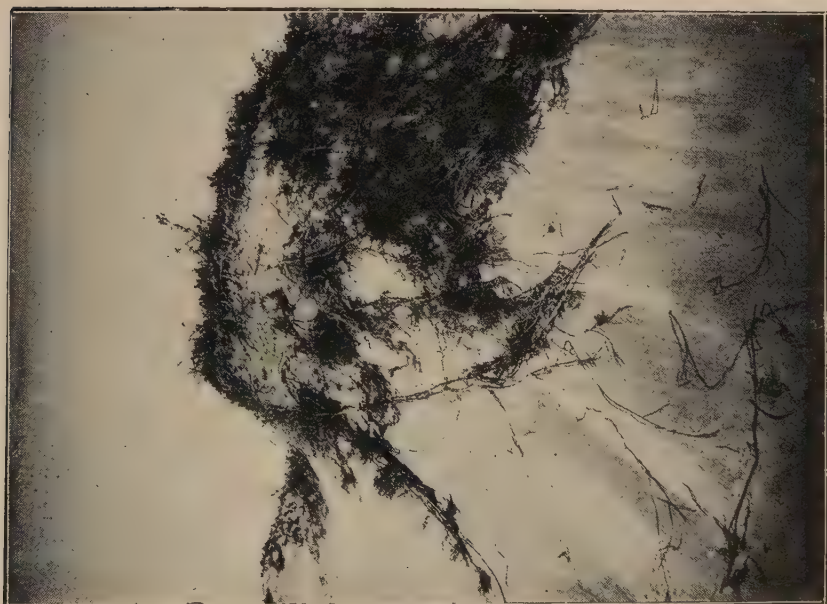
CLICHÉ BONFILS

13. Le *Pancratium Maritimum*. Exemple de résistance au déchaussement.

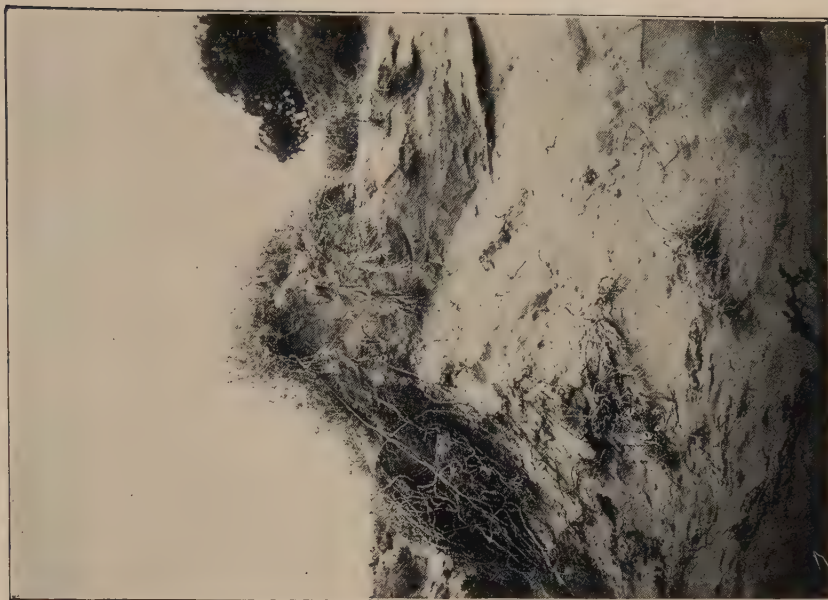
Les racines d'une colonie de bulbes maintiennent une motte de sable sapée à la base par une incursion marine.



14. Le *Rumex tingitanus*. - Exemple de résistance au déchaussement.
Lido ancien du Mas de l'Abbé. — Juillet 1921.



15. L'*Ephedra distachya*. - Exemple de résistance au déchaussement
sur la paroi d'une caoudeyre.
■ E. de Carnon. — Avril 1921.



16. Le *Crucianella maritima*. Exemple de non résistance au déchaussement.
Sur les parois attaquées, les pieds de Crucianelle pendent, les frondes en bas.



17. Mise à nu des racines de *Pinus Pinea* par le mistral,
en lisière des Pinèdes.

Vers le centre, un brin de semence de *Pinus Pinea*, dont l'inclinaison indique déjà l'action du mistral.



18. Grau de Carnon. - Formation des dunes de comblement (A, B).

Phot. prise au mois de Mars 1921 : la mer s'est retirée du grau fin Octobre 1920.
Au fond, les dunes marginales Ouest.



19. Grau de Croisette. - Dune marginale Nord.

Au pied, un cordon à *Inula crithmoides*. Sur les pentes et au sommet, *Ammophila arenaria*, *Echinophora spinosa*. Au fond, les Pinèdes.



20. Grau de Croisette.

A droite, la dune marginale Nord bordée d'un bas cordon à *Inula crithmoides*.
 A gauche, cachant les maisons les plus à gauche du port du Grau-du-Roi, l'amorce de la dune marginale Sud.
 Entre les deux dunes marginales et en bordure de la mer, les dunes frontales encore disjointes.
 Au centre, la Souillère.



21. La Souillère de Beauduc.

Au centre et au fond, le phare. A gauche, les dunes d'ancien rivage
 En avant et à droite, la Souillère à Salicornes.

Juillet 1921.



22. Pointe de l'Espiguette.

Vue prise du sommet du phare, objectif tourné vers le Sud.
Dunes basses, disjointes, à *Agropyrum* et *Ammophila*. Le territoire envahi par la mer en hiver,
est teinté de blanc et marqué de touffes noires de *Salicornes*.

Juillet 1921, 12 h.



23. L'Espiguette. Dune artificielle de protection du phare.

Au centre, sur le flanc aval de la dune (mistral), une grosse tache noire indique les frondes
d'un mûrier enseveli.

Juillet 1921.



24. Dunes mobiles. - A-pic d'invasión.
 Sur la pente, à gauche, des rameaux de vigne émergent encore.
 Terre-Neuve, Avril 1922.



25. Dunes mobiles. - Vue d'ensemble de l'à-pic d'invasión.
 Terre-Neuve. Avril 1922.



26. Dunes mobiles. - Versant amont (directement frappé par le mistral).
Terre-Neuve. - Avril 1922.



27. Dunes mobiles.

La dune, ayant progressé, est actuellement à cheval sur une ancienne allée de mûriers dont on voit, au centre, les deux rangées. On ne distingue plus que les frondes.
Terre-Neuve. - Avril 1922.



28. Dunes mobiles. - Un mourven (*Juniperus phenicea*) déchaussé par le mistral.
En avant, une jeune dune à *Ammophila*.
Terre-Neuve. — 24 Avril 1922.



29. Dunes mobiles fixées. - La Tamarissière.
A gauche la pente aval (à-pic d'envahissement). La mer est à 100 m. à droite.
Juin 1921.



30. Dunes mobiles fixées. - La Tamarissière. - Un à-pic d'envahissement.
La mer est à 100 m. à gauche.



31. Camargue. - Pinède en bordure continentale d'une Souillère ensablée.
Les Salicornes ont disparu. L'*Inula crithmoides* domine. A droite, une touffe
de *Saccharum Ravennae*.



32. Camargue. - Lido ancien du Mas de l'Abbé.
Fourré à *Phillyrea Angustifolia*, *Pinus Pinea*, et quelques feuillus.
Juillet 1921



33. Camargue. - Lido ancien du Mas de l'Abbé.
Dunes non boisées couronnées de *Rumex tingitanus*,
Juillet 1921.



34. Roussillon. - La plage à graviers.



35. Roussillon. - Le *Corynephorum* (*C. canescens*) sur les dunes basses à éléments grossiers.



36 . Roussillon . - La Salanque littorale graveleuse . - *Corynephoretum*.
Ça et là, les touffes épaisses du *Dianthus attenuatus*. Au fond, une Pinède (*Pinus maritima*).



37. Roussillon . - Dunes à *Mesembryanthemum*.
(Sur les pentes continentales).



38. Roussillon. - La Salanque littorale graveleuse à *Opuntia*.
A droite, une prairie rase à *Ephedra distachya*.



39. Roussillon. - Fixation de digues de protection contre les crues de la Têt, entre Canet et l'embouchure du cours d'eau.

